

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

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

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

**Гомель, 23–24 апреля 2015 года**

**Гомель 2015**

УДК 621.01+621.3+33+004(042.3)

ББК 30+65

И88

Редакционная коллегия:

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

канд. техн. наук, доц. *М. И. Михайлов*

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

канд. техн. наук, доц. *К. М. Медведев*

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

д-р техн. наук, доц. *И. А. Мурашко*

канд. экон. наук, доц. *Н. П. Драгун*

канд. экон. наук, доц. *Л. М. Лапицкая*

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

канд. экон. наук, доц. *Р. А. Лизакова*

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

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

**Исследования** и разработки в области машиностроения, энергетики  
И88 и управления : материалы XV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 23–24 апр. 2015 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 531 с.

ISBN 978-985-535-272-4.

Содержатся материалы XV Международной научно-технической конференции по следующим направлениям: машиностроение; материаловедение и технология обработки материалов; энергетика; промышленная электроника; экономика; менеджмент и инновации; экономика и управление в агропромышленном комплексе; маркетинг; информационные технологии и моделирование.

Для студентов, аспирантов и молодых ученых.

УДК 621.01+621.3+33+004(042.3)

ББК 30+65

ISBN 978-985-535-272-4

© Оформление. Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

## Секция I. МАШИНОСТРОЕНИЕ

<b>Сиз Г. А.</b> Исследование поведения гидродинамических пульсаторов в скважинных условиях .....	11
<b>Карсеко К. С., Горбаченко В. С.</b> Разработка конструкции гидродинамического смесителя с использованием эффекта кавитации для получения нефтекислотной и водонефтяной эмульсии.....	13
<b>Рыбакова А. В.</b> Автоматизация построения деталей типа «Втулка» в AutoCAD.....	16
<b>Свириденко С. М.</b> Влияние вязкости жидкости на работу распределителя аксиально-поршневой гидромашины типа 210 .....	19
<b>Кузовов С. С.</b> Исследование причин образования горячих трещин в отливках.....	22
<b>Шалупина П. И.</b> Оценка динамической нагруженности рамы тележки прицепного вагона поезда-трамвая.....	25
<b>Горностай М. С., Лакотш А. Г.</b> Модернизация привода гусениц горных машин для подземной разработки месторождений полезных ископаемых .....	27
<b>Евтягин Д. О., Горностай М. С.</b> Моделирование кривошипного механизма шагания одноковшового экскаватора.....	30
<b>Черняков С. Г.</b> Силовой 3D-анализ элементов зацепления планетарной эксцентриковой передачи с модифицированными зубьями сателлита.....	34
<b>Демиденко Е. Ю.</b> Совершенствование конструкций устройств динамической настройки шлицефрезерных станков и контроля шлицевых поверхностей на валах .....	36
<b>Горбаченко В. С.</b> Математическая зависимость объема флюида, добываемого штанговым глубинным насосом (ШГН), от частоты тока электродвигателя .....	39
<b>Лисун А. Е.</b> Об удельном давлении в кулачковом механизме двигателя внутреннего сгорания.....	43
<b>Хазеев Е. В., Чижик А. А.</b> Построение динамической модели стана холодной прокатки .....	47
<b>Матвеевков А. С.</b> Сравнение характеристик систем управления насосами с адаптацией к нагрузке.....	50
<b>Веко А. А.</b> Анализ зарубежных классификаций нефтепродуктов.....	53
<b>Величkevич И. А.</b> Анализ использования программных продуктов фирмы «АСКОН» для комплексной автоматизации процессов проектирования и производства.....	56
<b>Малкова С. А.</b> Влияние количества зубьев шестеренных насосов на геометрические размеры и величину пульсации подачи .....	59
<b>Стасев Д. Е.</b> Автоматизация расчета припусков на механическую обработку наружных поверхностей с использованием СУБД MS Access.....	61
<b>Якубов Н. М.</b> Автоматизация расчета режимов резания на круглошлифовальных станках.....	63
<b>Печенев А. В.</b> Разработка математической модели механизма очистки зерноуборочного комбайна КЗС-10К .....	65
<b>Абросимов Д. В.</b> Разработка математической модели мобильного сельскохозяйственного агрегата для имитации транспортного переезда.....	68
<b>Михайлов К. М.</b> Исследование влияния технологических параметров ножей режущего барабана на его напряженно-деформированное состояние .....	71
<b>Демчук Е. В.</b> Оптимизация конструкции сверл с механическим креплением СМП .....	74

<i>Павловец П. А.</i> Повышение надежности инструмента для обработки отверстий методом ППД.....	77
<i>Романов П. В.</i> Анализ технологических допусков на элементы второго каскада усиления в зависимости от допусков на выходные параметры гидропривода.....	81
<i>Тетерич Н. Э.</i> Анализ виброустойчивости роботов .....	84
<i>Мухарьямов М. В.</i> Фильтр для очистки жидкостей от механических примесей .....	87

---

## Секция II. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

---

<i>Антонов А. С., Воронцов А. С., Яроцкий В. Ю., Копть М. А.</i> Исследование влияния фазового состава на свойства композиционных материалов на основе смесевых полимер-полимерных систем.....	91
<i>Антонов А. С., Воронцов А. С., Валукевич О. С.</i> Составы композиционных материалов на основе модифицированных полиамидов для функциональных покрытий деталей узлов трения.....	94
<i>Герасимов Ю. Л.</i> Исследование напряженного состояния при прошивке заготовок в двухвалковом стане поперечно-винтовой прокатки на примере использования прошивных оправок диаметром 120 мм .....	97
<i>Мартьянов Ю. В.</i> Определение диаметра ролика обратной деформации для канатной машины в узле намота металлокорда .....	101
<i>Петренко М. В.</i> Определение оптимальных геометрических параметров процесса раскатки гильз на трехвалковом непрерывном стане .....	104
<i>Гавриловец К. В., Стрельченко А. В.</i> Использование современных систем численного моделирования для определения оптимальных геометрических параметров прошивного инструмента .....	108
<i>Старков Н. В.</i> Методика расчета роликов неприводных делительных устройств для прокатки арматурных профилей слиттинг-процессом на мелкосортных непрерывных станах .....	111
<i>Прач С. И.</i> Критериальный принцип построения маршрутов волочения высокоуглеродистой стальной проволоки.....	114
<i>Крижевский И. М.</i> Структурообразование износостойких покрытий из металлических сплавов при газопламенном напылении.....	117
<i>Урецкая, О. В., Дробышевская Н. Е., Подденежный Е. Н.</i> Получение и свойства наноструктурированных порошков оксосульфида иттрия, активированного ионами европия .....	119
<i>Прусенко И. Н.</i> Исследование влияния технологических условий подготовки формовочных кварцевых песков на прочностные свойства фурановых стержневых смесей.....	123
<i>Верещагина Л. С.</i> Влияние контактной нагрузки на трансформацию структуры быстрорежущей стали Р6М5, модифицированной лазерным излучением.....	126
<i>Гавриловец К. В.</i> Анализ напряженно-деформированного состояния прецизионных гравюр чеканочного инструмента .....	129
<i>Дронченко В. А.</i> Получение эмульсии на основе отработавших нефтесодержащих продуктов .....	131
<i>Астапов Е. А.</i> Особенности контактного изнашивания низколегированной инструментальной стали 9ХС при различных уровнях нагружения .....	134
<i>Зверович М. А., Ханеня В. В.</i> Распределение микротвердости по объему образцов .....	137
<i>Заяц Е. В., Буслов М. М.</i> Автоматизированное проектирование пресс-форм в САПР компас-3D .....	140

<b>Быкова Е. М.</b> Повышение механических свойств холоднодеформированной арматуры.....	143
<b>Оборов М. В.</b> Численное моделирование процесса прокатки труб на редуционно-растяжном стане.....	146

---

### Секция III. ЭНЕРГЕТИКА

---

<b>Трошев Д. С., Хаванский К. А.</b> Оценка энергетической эффективности утилизации тепловой энергии охлаждающей воды систем оборотного водоснабжения теплонасосными установками пароконденсационного типа.....	149
<b>Байкова А. С.</b> Анализ схемы телемеханизации газораспределительных пунктов... ..	152
<b>Филимонов Д. В.</b> Математическое моделирование переходных процессов в сложных цепях с нелинейной индуктивностью .....	155
<b>Выжжанов А. В., Егорова А. С.</b> Способ вторичной переработки тяжелых нефтяных остатков (печное топливо) в товарное топливо с использованием структур матриц разборки сырья, сборки топлива и обессеривания .....	158
<b>Ларькина Т. С., Пархоменко К. И.</b> Перспективы применения энергоэффективных технологий индукционного нагрева.....	162
<b>Цакунов А. А.</b> Разработка 3D-модели комплектного распределительного устройства типа РТН для предприятия ОАО «Ратон».....	165
<b>Кидун Н. М.</b> Аспекты создания виртуальных лабораторных работ по дисциплине «Системы производства и распределение энергоносителей промышленных предприятий».....	168
<b>Беловешкин Е. Н.</b> Анализ путей повышения надежности и экономичности электроснабжения потребителей Могилевской ТЭЦ-2.....	171
<b>Куртикова Е. Н.</b> Проект развития Петриковского энергоузла.....	174
<b>Чака И. Ю.</b> Расчет токов короткого замыкания при комплексном расчете разомкнутых электрических сетей напряжением до 1 кВ.....	176
<b>Дорняк Д. И.</b> Эффективность использования солнечных коллекторов в климатических условиях Республики Беларусь.....	179
<b>Самцов А. О.</b> Совместная работа Гомельской ТЭЦ-2 и атомной электростанции .....	182
<b>Родин А. В., Жихарев Р. Н.</b> Конструктивные особенности горизонтального пародинамического термосифона. Влияние различных конструкций на теплотехнические характеристики .....	185
<b>Горунов С. С.</b> Системы автоматики и диспетчеризации. Модернизация центральных тепловых пунктов на предприятии ОАО «Барановичский комбинат хлебопродуктов» с внедрением системы диспетчеризации с удаленной передачей данных.....	189
<b>Рождко С. А.</b> Применение самонесущих изолированных проводов ЛЭП 35кВ в энергосистеме Республики Беларусь.....	191
<b>Лисун А. Е.</b> Периодические тепловые структуры в экологических процессах с источниками энергии .....	194
<b>Кучерявенко А. В.</b> Разработка программно-вычислительной системы для комплексной оценки эффективности модернизации высоковольтных электроприводов производственных механизмов .....	196
<b>Астапович У. А., Филимонова И. А.</b> Колебательный асинхронный электропривод.....	199
<b>Кондратенко А. Н., Бурменко А. О.</b> Система отбора проб отработавших газов дизеля моторного испытательного стенда как объект метрологических исследований.....	202

<i>Шепеленко М. И., Осипчук В. С.</i> Поиски прогрессивных методов улучшения установок теплоэнергетического комплекса.....	205
<i>Лосев А. Г.</i> Использование теплоты конденсации в центральных холодильных установках торговых центров для нужд горячего водоснабжения.....	208
<i>Виноградов В. Н.</i> Изготовление медного провода со стальным сердечником методом алюмотермии .....	211
<i>Адакин Р. Д.</i> Ограничения, накладываемые на теплогенератор конструкции хлебопекарной печи.....	214
<i>Засименко А. В.</i> Автоматизация расчетов эксплуатационных характеристик кабелей при питании нелинейных нагрузок.....	217
<i>Прусаков С. Л.</i> Влияние несинусоидальных режимов в системах электроснабжения на потери электрической энергии.....	220
<i>Алферова О. А.</i> Степень искажения питающего напряжения различными источниками питания сварочной дуги.....	224
<i>Довгун А. А.</i> Помехогенерирующее электрооборудование в электрических сетях промышленных предприятий .....	227
<i>Лопато А. А.</i> Расчет низкоомного резистивного заземления нейтрали 10кВ трансформаторных подстанций.....	230
<i>Железко А. М.</i> Методы расчета электрических нагрузок потребителей агропромышленного комплекса .....	233
<i>Барзыкин В. О.</i> Применение аналитического и статистического инструментария для оценки работоспособности электрических систем.....	237
<i>Судибор В. В.</i> Электрическая совместимость микропроцессорных блоков защит с системой электроснабжения .....	240
<i>Шмигирев А. С.</i> Влияние электротермического оборудования на систему электроснабжения промышленных предприятий.....	243
<i>Якимов Е. А.</i> Влияние светодиодных источников света на содержание гармоник тока и напряжения в системе электроснабжения предприятий .....	246

---

#### Секция IV. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

---

<i>Карнов А. В., Черехухин В. А.</i> Электродинамический стенд для исследования электропропорциональных магнитов .....	251
<i>Черехухин В. А., Карнов А. В.</i> Анализ влияния электромеханических характеристик гидрооборудования на параметры пескосолераспределения комбинированной дорожной машины в автоматическом режиме.....	253
<i>Третьяков А. С., Капитонов О. А.</i> Разработка научно-исследовательского комплекса для исследования тепловентиляционных режимов асинхронных электродвигателей .....	256
<i>Мельнікаў А. В.</i> Даследаванне ўмоў перадачы інфармацыйных сігналаў у нафтаправодзе .....	259
<i>Самсонов Н. А.</i> Современное состояние и перспектива развития методов непрерывной диагностики состояния высоковольтных электродвигателей на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» .....	262
<i>Дорощенко И. В.</i> Имитационная модель асинхронно-вентильного каскада в Matlab Simulink.....	264
<i>Ильющуц Е. А.</i> Система мониторинга местоположения транспортных средств .....	267
<i>Потапов П. Г., Лапицкий В. Л.</i> Информационный центр системы паводкового мониторинга .....	269

<i>Ларьков И. В.</i> Исследование параметров корреляционного приемника псевдослучайных сигналов .....	273
<i>Попов В. Н.</i> Стабилизатор анодного тока катодной защиты с управлением по сети Ethernet.....	276
<i>Кочешов Е. В.</i> Помехозащищенный преобразователь для емкостных датчиков.....	279
<i>Кулик А. В., Казаченко П. Н.</i> Макет электропривода постоянного тока с замкнутой по скорости системой регулирования .....	282
<i>Кружилина О. А.</i> Твердотельный детектор радиоактивного излучения на основе р-і-п фотодиода .....	284
<i>Титенков О. А.</i> Особенности процесса формирования отдельно локализованных микро- и наночастиц германия в структуре пористых SiO <sub>2</sub> -матриц.....	288
<i>Попель А. В.</i> Модифицированные стеклопорошки для практических приложений в электронике: технология получения и управление свойствами.....	291
<i>Прядко Ю. В.</i> Цифровая система управления преобразователем постоянного напряжения в переменное синусоидальное промышленной частоты на основе ПЛИС .....	294
<i>Миронов И. С., Зиновенко В. С.</i> Синтез фильтра Баттерворта 1 порядка для подавления импульсных помех.....	297

---

**Секция V. ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА  
И ПРОМЫШЛЕННАЯ ПОЛИТИКА**

---

<i>Иванова А. А., Чузева Д. А.</i> Экономическая сущность, состав и структура основных средств энергопредприятий .....	301
<i>Жигалова А. О.</i> Проблемы организации городских перевозок населения транспортом общего пользования в Гомеле .....	303
<i>Немирский Г. Г.</i> Методологические аспекты концепции общей эффективности оборудования .....	307
<i>Дехтяров А. В.</i> Концепция бережливого производства – инструмент повышения эффективности деятельности предприятия .....	310
<i>Глузд А. А.</i> Принципы повышения эффективности использования оборудования на основе концепции ОЕЕ .....	313
<i>Андриевская Ю. О.</i> Сокращение запасов готовой продукции как инструмент совершенствования сбытовой политики предприятия в условиях рыночной экономики.....	316
<i>Курбиева И. Ю.</i> Современные направления управления производительностью труда: опыт зарубежных стран.....	319
<i>Дацко Д. С.</i> Пути снижения дебиторской задолженности на предприятиях промышленности в условиях рыночных отношений.....	322
<i>Мельникова Т. А.</i> Аутстаффинг персонала как инструмент повышения показателя производительности труда.....	325
<i>Уварова А. А.</i> Роль и тенденции развития машиностроения в современных условиях.....	328
<i>Устиненко А. Г., Бабинич Е. Ю.</i> Концепция 5S как инструмент совершенствования рабочего места.....	331
<i>Довгялло М. В.</i> Современная система менеджмента качества на белорусских предприятиях .....	334
<i>Саранчук А. В.</i> Управление рисками как способ обеспечения экономической безопасности предприятия .....	337

<i>Плющай А. А.</i> Способы взыскания дебиторской задолженности: сущность, условия применения, оценка эффективности.....	340
<i>Богатыева А. В.</i> Современные источники финансирования обновления основных средств промышленных предприятий.....	343
<i>Дешкович Р. В.</i> Перспективы аутсорсинга ИТ-услуг в Беларуси.....	345
<i>Кузьмина В. А.</i> Использование принципов «кайдзен» для совершенствования процесса производства.....	348
<i>Новикова О. С.</i> Оптимизация оборотных средств.....	351
<i>Поддубная В. А.</i> Являются ли инновационными промышленные предприятия Гомеля?.....	353
<i>Шведова В. В.</i> Совершенствование управления затратами предприятия (на примере СП ОАО «Спартак»).....	356
<i>Пушкарчук И. Н., Мишко О. А.</i> Экономические аспекты обеспечения энергетической безопасности регионов государства.....	358

---

## Секция VI. КОРПОРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

---

<i>Тацевич М. В.</i> Оценка производственно-технологической составляющей рыночного потенциала промышленного предприятия.....	362
<i>Яновский А. А.</i> Источники финансирования инвестиционной деятельности в современных условиях хозяйствования.....	365
<i>Лосева Ю. Ю.</i> Прибыль и рентабельность как факторы укрепления финансового состояния организации.....	367
<i>Емельяненко Я. В.</i> Инновационная восприимчивость как способность организации осваивать и применять инновации.....	370
<i>Турусова Н. В.</i> Формирование механизмов вовлечения молодежного сообщества в научно-инновационную деятельность.....	373
<i>Кульев К. М.</i> Фальшивомонетничество в Республике Беларусь: проблемы и пути решения.....	376
<i>Бахтурова А. А.</i> Беларусь – Туркменистан: инвестиционные возможности стран-партнеров.....	379
<i>Бельская М. А., Галицкая А. И.</i> Интеграция науки и производства.....	382
<i>Роцин Д. В., Сальников Ю. А.</i> Современные тенденции развития корпоративного управления предприятий машиностроения.....	384
<i>Малиновская С. Л.</i> Система управления затратами на обеспечение качества.....	388
<i>Карачун С. А.</i> Применение SWOT-анализа при проведении самооценки системы менеджмента качества организации.....	391
<i>Парменова В. А., Манько Е. И., Дроздова О. А.</i> Анализ применения и повышение достоверности экспертных оценок в области управления качеством.....	394
<i>Волынчук Ю. В., Пушкарчук И. Н.</i> Принципы интегрирования логистики в сферу управления инновационной деятельностью предприятия.....	397
<i>Титович А. А.</i> Оценка эффективности перспективных виртуальных инновационных кластеров инновационно-притягательных регионов Беларуси и России.....	400



---

**Секция VII. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ  
В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

---

<i>Шукина Л. В.</i> Региональный агропромышленный кластер: особенности, преимущества и проблемы его создания.....	404
<i>Фесенко К. С.</i> Выполнение прогнозных показателей продовольственной обеспеченности Республики Беларусь за период 2011–2015 гг.....	406
<i>Борисовец О. Г.</i> Оценка эффективности использования материальных ресурсов промышленных предприятий Республики Беларусь .....	410
<i>Иванова В. С.</i> Система факторов конкурентоспособности лесопромышленного предприятия .....	413
<i>Живица М. В.</i> Экономическая оценка логистической деятельности многопрофильного агропредприятия .....	416
<i>Семуткина Н. В.</i> Особенности формирования и использования трудовых ресурсов сельских территорий Республики Беларусь .....	419
<i>Зяц М. Г.</i> Анализ результатов кадастровой оценки земель сельских населенных пунктов Глубокского района.....	422
<i>Якубовская В. В.</i> Эффективность осуществления государственного контроля за использованием и охраной земель в Гомельской области.....	425
<i>Гвоздь Ю. Г.</i> Трансфер знаний как ключевая задача университета.....	428
<i>Засименко А. В., Мороз В. А.</i> Эффективность комбинирования энергопроизводства на базе использования отходов предприятия мясомолочной промышленности (на примере ОАО «Калинковичский мясокомбинат») .....	431
<i>Ключинский В. П.</i> Повышение энергетической эффективности жилых зданий .....	434

---

**Секция VIII. МАРКЕТИНГ**

---

<i>Матлаш В. В.</i> Распределение товаров в условиях глобализации .....	438
<i>Полякова Ю. В.</i> Совершенствование оптово-розничной сети ОАО «Гомельская мебельная фабрика «Прогресс» за счет открытия Торгового дома в городе Минске ...	441
<i>Романович А. Н.</i> Гендерные особенности восприятия в рекламе.....	444
<i>Антушевич Е. В., Ачкан А. И.</i> Проблемы стимулирования развития детского туризма .....	447
<i>Антушевич Е. В., Ачкан А. И.</i> Проблема подготовки кадров в сфере управления спортом .....	450
<i>Кушнеров А. С.</i> Состояние и перспективы развития рынка пищевой промышленности в Республике Беларусь .....	453
<i>Шушакова П. Д., Воронова Е. С.</i> Маркетинговая деятельность в машиностроении через концептуальный подход управления.....	456
<i>Нецветаева Д. В.</i> Маркетинговые решения на рынке недвижимости .....	459
<i>Зубкова Е. П.</i> Анализ динамики заработной платы в Республике Беларусь.....	462
<i>Головащенко Т. П., Шамак А. В.</i> Тенденции и особенности маркетинговой деятельности предприятий машиностроения в России и за рубежом.....	464
<i>Гончар М. В.</i> Специфика туристических рисков в Республике Беларусь.....	467
<i>Чижова В. В.</i> Шоп-туризм: проблемы и перспективы развития в Республике Беларусь.....	469
<i>Балабешко В. С.</i> Развитие концепции социально-этичного маркетинга в условиях конкурентного рынка.....	473

---

**Секция IX. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И МОДЕЛИРОВАНИЕ**

---

<i>Михайленко А. Ю.</i> Исследование эффективности моделирования динамики процессов дробления руды в конусных дробилках с использованием матричной многозонной модели .....	475
<i>Дегтярев А. А., Бельков А. И., Самба Кимвуама М. А.</i> Моделирование сорбции влаги на поверхности пигмента Красного FGR .....	478
<i>Мамчиц В. В.</i> Антимagicеские квадраты. Построение, преобразование и применение....	481
<i>Бурак А. А., Гончарук А. Е., Логинова Ю. Д., Марченко А. В., Шведко А. А., Кушнерук М. С.</i> Разработка методики эволюционного моделирования для прогнозирования развития технических систем .....	484
<i>Чикилев Ю. А.</i> Автоматизированное проектирование обсадных колонн при бурении горизонтальных скважин .....	487
<i>Логунов В. Н.</i> Методика сжатия цифрового видео для систем IP-видеонаблюдения .....	490
<i>Зарецкий В. В.</i> Автоматизация проектирования при принятии решений по логистике кольцевого завоза оборудования для строительства скважин .....	493
<i>Барскар Пиуш</i> Оптимальная декомпозиция AND/OR элементов .....	496
<i>Уткин А. С., Макаренко А. Д.</i> Система автоматизации диагностики узлов кормоуборочной техники .....	499
<i>Воскресенский В. В.</i> Автоматизация синтеза структуры колонн насосно-компрессорных труб .....	502
<i>Храбров Д. Е.</i> WiFi как основа методики локального позиционирования внутри университета .....	505
<i>Логинова Ю. Д., Шведко А. А., Бурак А. А.</i> Моделирование эволюции устройства для нарезки хлебобулочных изделий .....	508
<i>Бужан М. А.</i> Сравнительный анализ вариантов организации электроэнергетических объектов на основе вероятностного моделирования .....	511
<i>Жердецкий Ю. В.</i> Адаптивное управление объектами с потенциально опасными элементами с использованием компьютерного моделирования .....	514
<i>Трубенко Д. Н.</i> Моделирование затухающих колебаний в дисках перекрытий, возникающих в структуре каркасного здания .....	516
<i>Жаворонков Д. В.</i> Web-приложение отображения локального позиционирования для контроля студентов на примере кафедры «Информационные технологии».....	519
<i>Голембиовская О. М., Шинаков К. Е., Минина В. А.</i> Автоматизированная система аудита информационной безопасности промышленного предприятия .....	521
<i>Меньшаков П. А.</i> Голосовая идентификация пользователя в системах контроля доступа .....	525
<i>Матюш И. И., Гуляко Е. Н., Демидович А. Г.</i> Моделирование дефинициальной неопределенности цвета в программно-аппаратных средах.....	528

## Секция I МАШИНОСТРОЕНИЕ

---

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПУЛЬСАТОРОВ В СКВАЖИННЫХ УСЛОВИЯХ

Г. А. Сиз

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

Научный руководитель А. И. Столяров

Работа гидродинамических пульсаторов основана на виброволновом воздействии на обрабатываемую поверхность путем создания в рабочей зоне устройства области с развитой кавитацией при прокачке рабочей жидкости через пульсатор. Гидродинамические пульсаторы могут применяться при гидроразрыве пласта, декольматации призабойной зоны скважины, промывке гидратных пробок, очистке насосно-компрессорных труб и т. п. Конечной целью является интенсификация притока нефти в скважину и повышение нефтеотдачи пласта.

Целью данной работы является определение соответствия параметров работы пульсаторов различных конструкций предъявляемым к ним требованиям при работе в скважинных условиях. В соответствии с условиями работы в скважине пульсатор имеет стесненные размеры по наружному диаметру, что накладывает жесткие требования к конструкции в целом и возможности достижения развитой кавитации в скважинных условиях. Основными требованиями к работе и конструкции пульсатора являются: создание на забое скважины стабильных колебаний давления в диапазоне частот 0–2000 Гц, отсутствие чрезмерных ударных нагрузок внутри конструкции, габариты устройства должны обеспечивать свободное его прохождение через типовые насосно-компрессорные трубы диаметром 73 и 60 мм, конструкция должна обеспечивать прохождение рабочего агента с расходом 0–10 л/с, устройство должно работать штатно при максимальном рабочем давлении до 40 МПа и допускать присутствие в рабочей жидкости взвешенных частиц.

Основными элементами пульсатора, требующими проработки, являются камера завихрения и насадок. Ввиду стесненных размеров по наружному диаметру камера завихрения выполнена в форме цилиндра с тангенциальными отверстиями, расположенными в шахматном порядке по цилиндрической образующей. Одновременно камера завихрения выполняет функцию фильтра для предотвращения нештатной ситуации при наличии в рабочей жидкости механических примесей. Насадок выполнен в виде конфузор-диффузора.

На основании предварительных расчетов конструкция пульсатора была разработана по модульному принципу в 3-х вариантах исполнения в зависимости от решаемых задач: с осевым истечением рабочей жидкости (промыв гидратных пробок, гидроразрыв пласта, кислотная обработка) и радиальным истечением (декольматация призабойной зоны, очистка внутренней поверхности НКТ и обсадной колонны и т. д.).

На рис. 1 приведен общий вид пульсаторов различных конструкций и их основные элементы. Прямоточный пульсатор с осевым истечением рабочей жидкости (рис. 1, а) может иметь проточку в диффузоре 2 для увеличения пульсаций. Особенностью конструкции пульсатора с радиальным истечением рабочей жидкости (рис. 1, б) является

смонтированная к корпусу 1 насадка 3 с шестью тангенциально расположенными форсунками. С целью увеличения закрученности потока рабочей жидкости и зоны охвата обрабатываемой поверхности, в пульсаторе третьего варианта конструкции (рис. 1, в) форсунки оснащены индивидуальной камерой завихрения 4 и расположены диаметрально с шагом 120°.

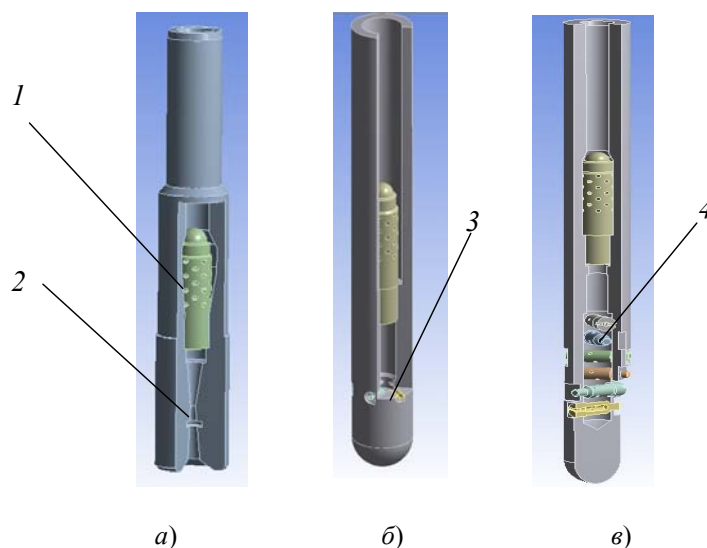


Рис. 1. Физические модели пульсаторов:  
а – гидропульсатор прямоточный ГПК-02; б – гидропульсатор  
кавитационный ГПК-04; в – гидропульсатор кавитационный ГПК-05

Полученные результаты гидродинамических расчетов показали работоспособность пульсаторов всех конструкций. Скорость истечения жидкости достаточна для образования кавитации (более 70 м/с), зона кавитации выходит за пределы диффузора, жидкость истекает в пульсирующем режиме. Для проведения стендовых испытаний с целью определения рабочих параметров были изготовлены пульсаторы конструкций ГПК-02 и ГПК-04, пульсатор ГПК-05 ввиду сложности конструкции не изготавливался. Для оценки вибрационного воздействия были построены расчетные амплитудно-частотные характеристики работы пульсаторов, на которых прослеживаются низкочастотные гармоники с максимальной амплитудой колебаний давления до 1 МПа. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что рассмотренные варианты пульсаторов показали свою работоспособность по прочностным и технологическим характеристикам и могут быть рекомендованы для работы в составе колтюбинговой установки.

#### Литература

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. Челоянц. – М. : Наука, 2000.

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО  
СМЕСИТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТА КАВИТАЦИИ  
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НЕФТЕКИСЛОТНОЙ  
И ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ**

**К. С. Карсеко, В. С. Горбаченко**

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

Научный руководитель В. М. Ткачев

Нефтяные коллекторы зачастую характеризуются наличием участков продуктивных горизонтов, весьма неоднородных по своим фильтрационным свойствам, в которых имеются как высокопроницаемые, так и низкопроницаемые прослои. В этих условиях обычные кислотные обработки как правило являются неэффективными, т. к., двигаясь по пути наименьшего сопротивления, кислотный раствор вступает в реакцию в высокопроницаемых каналах, оставляя не затронутыми низкопроницаемые. Для достижения требуемой эффективности применяются направленные кислотные обработки (НКО). Их суть состоит в поочередной порционной закачке в пласт нефтекислотных эмульсий (НКЭ) и водных растворов кислот. НКЭ представляют собой высокодисперсные системы, дисперсионной средой которых является нефть, а дисперсной фазой – водный раствор кислоты. НКЭ, обладая довольно высокой вязкостью и поэтому низкой фильтруемостью, в пласте проникают преимущественно в наиболее трещиноватые интервалы и временно блокируют их. Это приводит к перераспределению фильтрационных потоков кислотных растворов и способствует их направленному воздействию на низкопроницаемые разности коллектора. НКЭ после выполнения блокирующей функции постепенно разлагаются в пласте и высвобождают кислотный компонент, который вступает в химическую реакцию с породой в зонах, удаленных от забоя. В итоге такой НКО увеличивается охват пласта воздействием как по толщине, так и глубине.

Все методы получения эмульсий, как и любой другой дисперсной системы, можно разделить на конденсационные и диспергационные. При гидравлическом диспергировании применяют струйные форсунки и центробежные. Форсунки с соударением струй работают по принципу разбивания на капли нескольких струй, вытекающих из соответствующих насадков. Из точки столкновения двух цилиндрических струй результирующий поток растекается радиально, образуя плоскую пленку, распадающуюся на капли. Центробежные форсунки обычно имеют тангенциальные входные отверстия, что способствует более интенсивному распаду струи при ее выходе из сопла.

С целью выработки оптимальной конструкции смесителя и проверки адекватности математической модели гидродинамического течения многокомпонентной смеси было проведено сравнение результатов расчета и испытаний конструкции смесителя, разработанного в БелНИПИнефть (рис. 1, а).

В конструкции БелНИПИнефть был применен вариант форсунок с соударением струй. Однако при неустойчивой работе насосных агрегатов и значительного различия плотностей компонент эмульсии образующаяся радиальная пленка будет нестабильной, и получить требуемое соотношение фаз эмульсии невозможно. Результаты расчетов представлены на рис. 2.

В результате расчетов установлено, что исходный смеситель обладает достаточно большим гидравлическим сопротивлением. Значительное повышение давления на входе в форсунки приводит к увеличению расхода не более чем в 2 раза. Сле-

довательно, данный смеситель не может быть использован в напорной магистрали при закачке эмульсии в скважину. Также следует отметить значительную неравномерность распределения фаз в проточной области смесителя, что не обеспечивает качественное приготовление эмульсии при заданных технологических параметрах. Исходя из вышесказанного был предложен вариант конструкции с центробежными форсунками с тангенциальными входными отверстиями.

По результатам модельных исследований был спроектирован и изготовлен кавитационный смеситель (рис. 1, б).

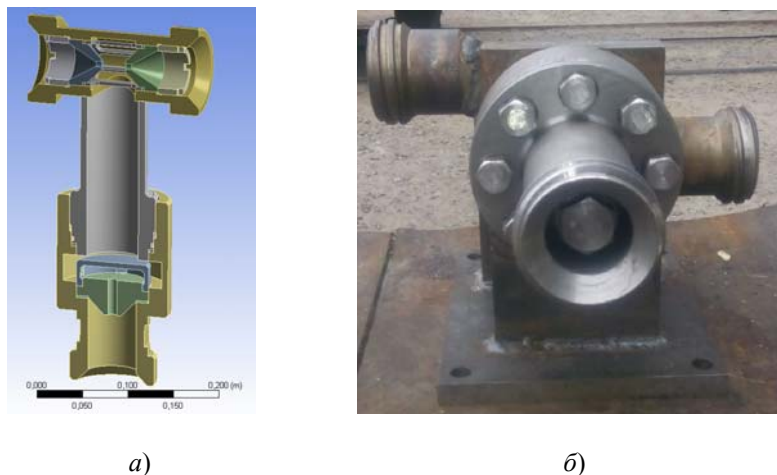


Рис. 1. Модели смесителей:  
 а – 3D-модель гидродинамического смесителя БелНИПИнефть;  
 б – кавитационный смеситель конструкции ГГТУ

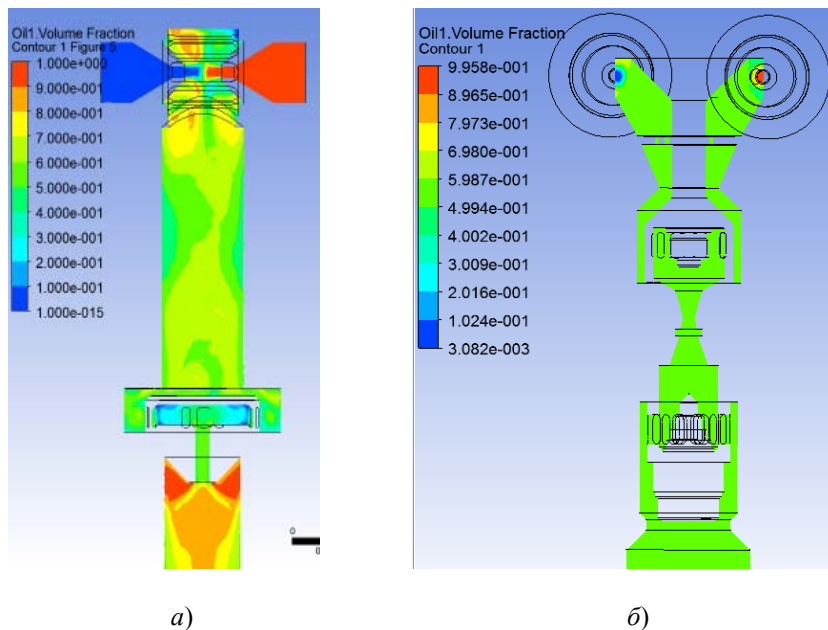


Рис. 2. Распределение объемного содержания нефти в осевом сечении:  
 а – смеситель БелНИПИнефть; б – кавитационный смеситель конструкции ГГТУ

В феврале 2015 г. разработанная конструкция была испытана на нескольких месторождениях РУП «ПО «Белоруснефть». Так при обработке скважины Южно-Сосновского месторождения отобранная проба НКЭ исследовалась по истечении двух суток с помощью микроскопа OLYMPUS BX 51, оснащенного цифровой камерой, и представлена на рис. 3. Структура эмульсии подтверждает высокую степень ее дисперсности (размер капель 15 % НСІ не более 10–15 мкм).

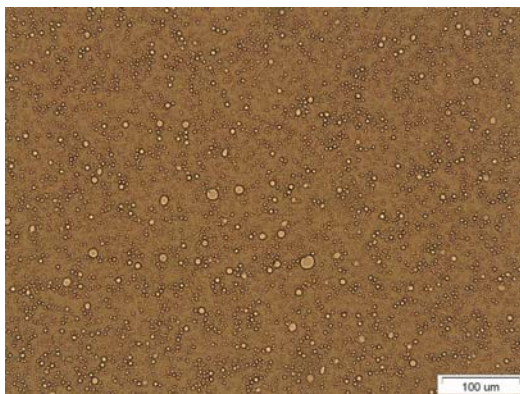


Рис. 3. Проба нефтекислотной эмульсии

Высокая степень дисперсности достигается за счет пульсаций давления вследствие кавитации. Так при обработке скважины 54s2 Давыдовского месторождения на выходе смесителя фиксировалось давление эмульсии. По результатам измерений давления с помощью преобразований Фурье строилась амплитудно-частотная характеристика (рис. 4).

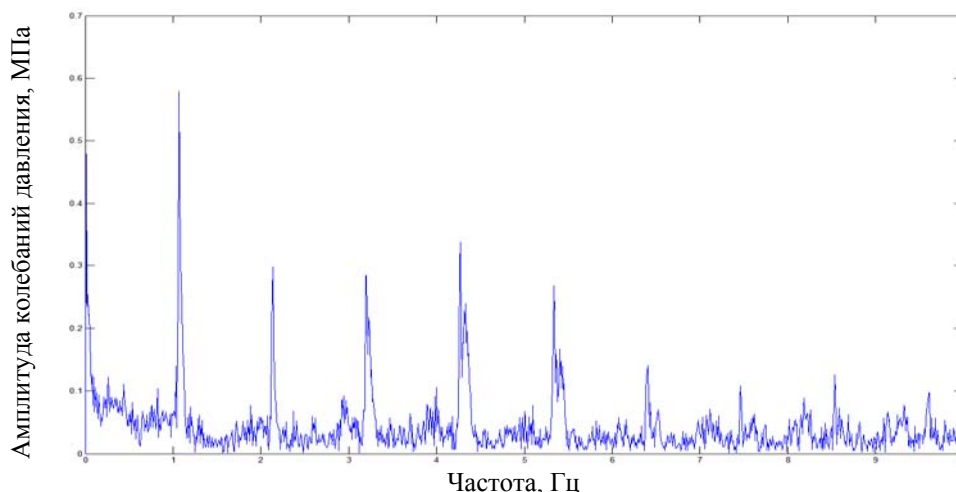


Рис. 4. АЧХ пульсаций давления на выходе кавитационного смесителя

Низкочастотный характер пульсаций давления и высокая амплитуда позволяют достигать высокую степень дисперсности.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ВТУЛКА» В AUTOCAD

А. В. Рыбакова

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

Научный руководитель В. С. Мурашко

Несмотря на широкое внедрение в практику проектирования конструкторских бюро современных систем автоматизированного проектирования, на процессы создания и, главное, оформления конструкторских документов приходится большой объем рутинных, слабо автоматизированных работ. Так, на оформление машиностроительных чертежей приходится до 30 % общего времени конструирования.

В настоящее время основное направление в развитии автоматизированного проектирования изделий машиностроения связано с широким использованием параметрического моделирования. Оно позволяет существенно снизить трудоемкость разработки изделий как при их создании, так и при оформлении соответствующей конструкторской документации.

Следует четко определить, какие изделия можно считать подлежащими параметризации. При рассмотрении 2D-проекций детали видно, что они могут быть разбиты на элементарные графические примитивы: отрезки и дуги. Каждый примитив однозначно определяется координатами своих базовых точек: начальной и конечной точек отрезка, начальной, конечной точек и центра дуги. Тогда проекцию можно представить в виде графа, вершины которого соответствуют базовым точкам, а ребра – параметрическим связям между ними. Использование графов дает возможность, задавшись произвольными координатами  $x_i, y_i$   $i$ -й базовой точки, однозначно определить координаты всех остальных базовых точек при обходе графа по формулам:

$$x_j = x_i + d_{i,j} \cdot \cos \alpha_{i,j}, \quad y_j = y_i + d_{i,j} \cdot \sin \alpha_{i,j}.$$

Таким образом, имея граф, описывающий семейство однотипных объектов, конструктору достаточно задать размерные связи между его базовыми точками, а специализированная САПР выполнит обход графа, расчет координат и отображение полученной проекции.

Сущность параметрического проектирования состоит в создании математической модели класса конструктивно однородных изделий, а затем в генерации изображений этих изделий по набору задаваемых размерных параметров.

Необходимо отметить, что наиболее универсальным инструментом для решения задач проектирования и технологической подготовки производства сегодня можно признать пакет программ САПР AutoCAD. Это объясняется тем, что в постоянно развиваемой системе AutoCAD не возникает больших затруднений использовать язык высокого уровня AutoLisp. Применение этого языка значительно ускоряет процесс разработки проектной документации в виде чертежей. Программы на данном языке дают возможность в автоматизированном режиме получать параметрические изображения. Параметрические изображения – это изображения, состоящие из совокупностей примитивов, заданных узловыми точками, координаты которых могут быть рассчитаны в соответствии с наперед заданными геометрическими параметрами.

Система автоматизированного проектирования AutoCAD предусматривает также возможность самостоятельного написания диалоговых окон, отличных от определенных в системе. Для этой цели был разработан специальный язык – DCL (Dialogue Control Language, или другими словами – язык управления диалоговыми окнами).



Целью данной работы является автоматизация формирования конструкторской документации на детали типа «Втулка» в AutoCAD, которая предусматривает следующую постановку задачи.

1. Начертить рабочие параметрические эскизы «Типовые втулки».
2. Проанализировать и выявить все размеры, которые необходимы для программирования чертежей данных типов втулок (выбрано четыре типа).
3. Продумать последовательность рисования каждого типа деталей «Втулка», т. е. для каждой втулки составить свою математическую модель.
4. Написать программу. Размеры деталей должны вводиться в программу пользователем с помощью диалоговых окон, написанных на языке DCL.
5. Предусмотреть возможность создания диалогового окна выбора формата листа A1, A2, A3, A4 с атрибутами, на котором будет отображаться деталь.
6. Предусмотреть возможность функций переноса детали в любую указанную пользователем точку.
7. Запрос пользователю: повторить построение.

В результате была разработана программа «Vtulki», которая выполняет следующие функции:

1. Загрузка диалога DCL.DCL для выбора типа vtulki (рис. 1).
2. Загрузка нового диалога для выбранного типа втулки DCL2.DCL (рис. 2).
3. Вызов функции ok\_tab, формирующей список данных, являющихся результатом диалога DCL2.
4. Вызов функции fogma для выбора рамки формата A1, A2, A3, A4.
5. Рисование и расстановка размеров выбранной втулки – функции vtul1, vtul2, vtul3, vtul4.
6. По выбору пользователя можно переместить по полю чертежа деталь.
7. Повторить все действия с п. 1 Д/Н.

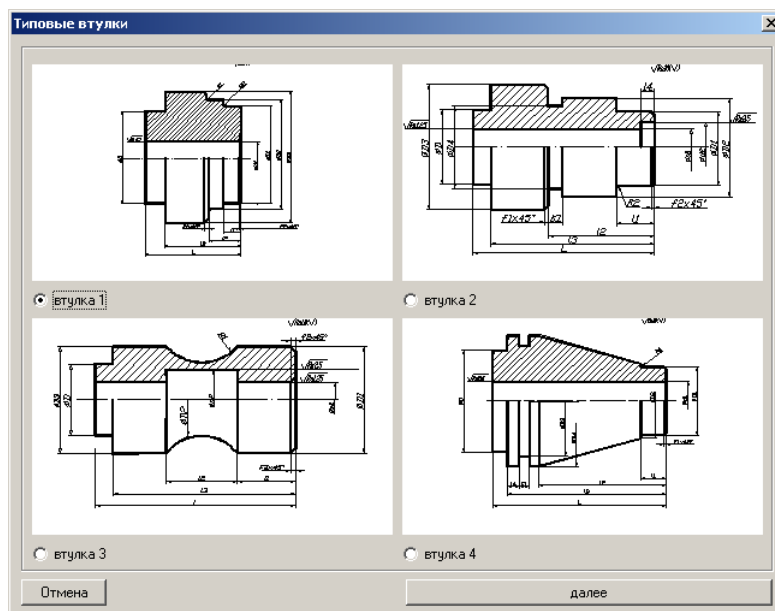


Рис. 1. Диалоговое окно выбора вида втулки

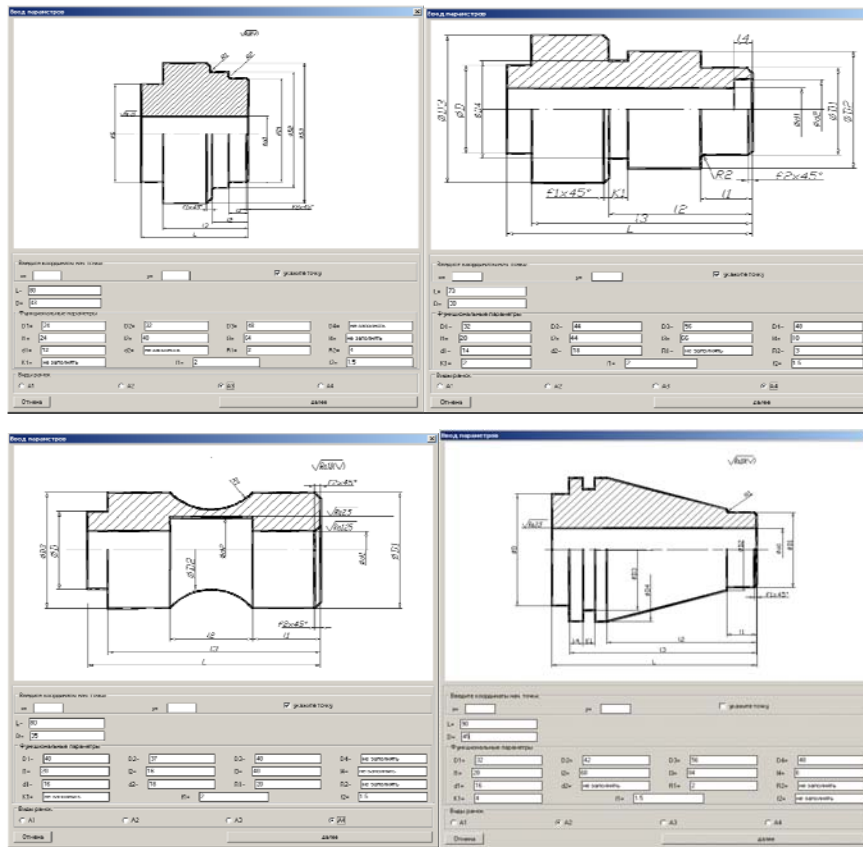


Рис. 2. Ввод параметров для выбранной втулки

На рис. 3 представлен результат работы программы – чертежи деталей «Втулка».

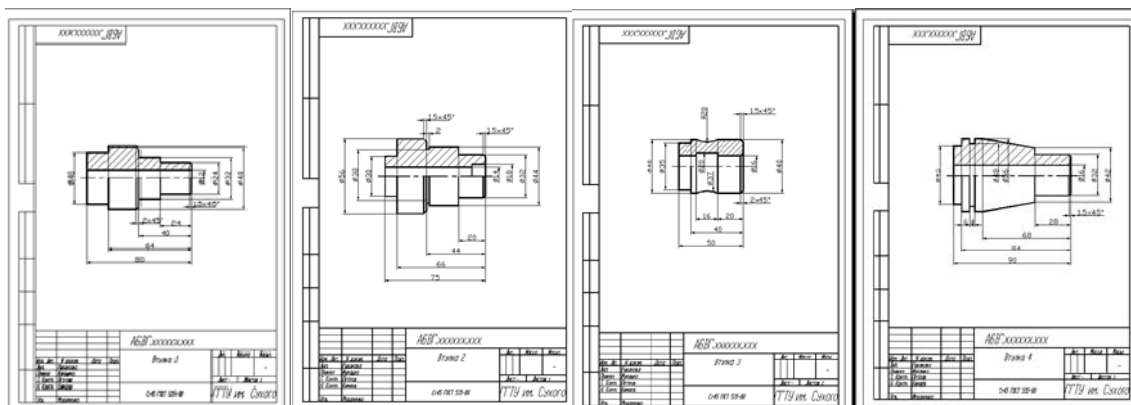


Рис. 3. Результат работы программы «Vtulki»

Программа удобна в обращении и позволяет быстро построить втулку с указанным форматом рамки. Использовать программу для автоматизации формирования конструкторской документации на детали типа «Втулка» могут студенты в курсовых и дипломных работах, а также пользователи-конструкторы.

## ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ НА РАБОТУ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВОЙ ГИДРОМАШИНЫ ТИПА 210

С. М. Свириденко

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

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

### Постановка задачи

Поршневой узел с элементами гидростатической разгрузки и торцевой распределитель аксиальных гидромашин (рис. 1) являются наиболее нагруженными и, как следствие, наиболее слабыми узлами гидромашин. Одним из вариантов конструктивного усовершенствования следует считать коррекцию силы гидростатического отжатия.

В тонком жидкостном слое между распределителем и блоком цилиндров конструктивно обеспечивается регламентированное соотношение прижимающих и отжимающих сил, определяемое по формуле [1, с. 24]:

$$T_{\text{отж}} = \lambda T_{\text{приж}}, \quad (1)$$

где  $\lambda = 0,90-0,98$  – коэффициент соотношения сил.

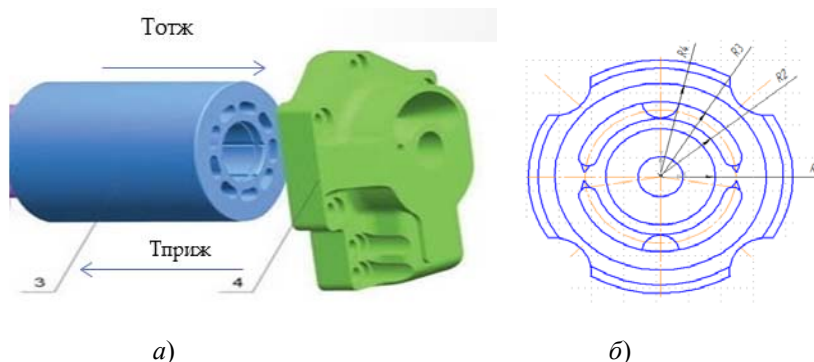


Рис. 1. Аксиально-поршневая гидромашина типа 210:  
а – приложение сил в распределительном узле;  
б – геометрические размеры распределителя

При расчете высоконагруженных узлов аксиально-поршневой гидромашин, к которым относится торцевой распределитель, необходимо учитывать влияние температуры и рабочего давления на вязкость жидкости. Выражение, отражающее влияние давления и температуры на вязкость имеет вид [2, с. 16]:

$$\mu = \mu_0 \exp(-\alpha(p_0 - p) - \beta(T - T_0)), \quad (2)$$

где  $T$ ,  $T_0$  – рабочая и начальная температуры жидкости;  $p_0$  и  $p$  – соответственно рабочее и текущее значения давления;  $\alpha$  – пьезокоэффициент;  $\beta$  – термокоэффициент.

Температурный перепад можно выразить через удельную энергию, затрачиваемую на перемещение утечек в торцевом зазоре по формуле

$$T - T_0 = \frac{p_0 - p}{\gamma J c} = k(p_0 - p), \quad (3)$$

где  $\gamma$  – плотность жидкости;  $c$  – теплоемкость жидкости;  $J$  – механический эквивалент тепла.

С учетом соотношения (3) получаем следующего рода зависимость:

$$\mu = \mu_0 \exp(-\alpha + \beta k(p_0 - p)), \quad (4)$$

$p_t = 1/(\alpha + \beta k)$  как условное пьезотермическое давление. Следовательно, выражение (4) можно записать в виде

$$\mu = \mu_0 \exp((p_0 - p) / p_t). \quad (5)$$

Усредненная сила гидростатического отжатия на распределителе, имеющего геометрические размеры  $R_1 = 26,78$  мм,  $R_2 = 30$  мм,  $R_3 = 50$  мм,  $R_4 = 56$  мм; без учета вязкости вычисляется по формуле

$$T_{\text{отж}} = \pi p_0 \left[ \int_{R_1}^{R_2} \frac{\ln \frac{R_1}{r}}{\ln \frac{R_1}{R_2}} r dr + \int_{R_4}^{R_3} \frac{\ln \frac{R_4}{r}}{\ln \frac{R_4}{R_3}} r dr \right] + \frac{\pi}{2} p_0 (R_3^2 - R_2^2), \quad (6)$$

где  $p_0 = 20 \cdot 10^6$  – номинальное давление в аксиально-поршневой гидромашине типа 210;  $R_{1,2,3,4}$  – радиус уплотняющих поверхностей распределителя (рис. 2).

Сила гидростатического отжатия с учетом индекса вязкости жидкости:

$$T_{\text{отж}} = \pi \left[ \int_{R_1}^{R_2} \left[ p_0 - p_t \ln \left[ 1 - \frac{\ln \frac{R_1}{r}}{\ln \frac{R_1}{R_2}} \left( 1 - \exp \frac{p_0}{p_t} \right) \right] r dr + \int_{R_4}^{R_3} \left[ p_0 - p_t \ln \left[ \frac{\ln \frac{R_4}{r}}{\ln \frac{R_4}{R_3}} \left( 1 - \exp \frac{p_0}{p_t} \right) \right] r dr \right] \right] + \frac{\pi}{2} p_0 (R_3^2 - R_2^2). \quad (7)$$

Аксиально-поршневые гидромашини могут работать в технологическом оборудовании и мобильных машинах. Для исследования возьмем жидкости, наиболее часто используемые в подобных системах с разным коэффициентами вязкости.

Основные технические характеристики жидкостей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики рабочих жидкостей

Наименование параметра	Обозначение, ед. изм.	ИГП-48	МГЕ-10	АМГ-10
Вязкость при 20 °С	$\nu_{20}$ , сСт	50	24	2,5
50 °С	$\nu_{50}$ , сСт	16,9	10,6	1,5

Окончание табл. 1

Наименование параметра	Обозначение, ед. изм.	ИГП-48	МГЕ-10	АМГ-10
Удельная теплоемкость	$c, \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$	0,45	0,45	0,5
Удельный вес	$\gamma, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	886–910	876–910	806–830
Пьезокоэффициент	$\alpha, \frac{\text{см}^2}{\text{кг}}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$1,07 \cdot 10^{-3}$
Термокоэффициент	$\beta, 1/\text{град}$	$3,68 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$1,77 \cdot 10^{-2}$
Коэффициент $k$	$k, \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2}$	$5,78 \cdot 10^{-2}$	$5,7 \cdot 10^{-2}$	$5,85 \cdot 10^{-2}$
Условное пьезометрическое давление	$pt, \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2}$	226	260	480

Расчет отжимающей силы по формулам (6) и (7) с учетом условного пьезометрического давления приведен в табл. 2.

Таблица 2

## Результаты расчетов

Вид жидкости	Результат расчета без учета вязкости	Результат расчета с учетом вязкости
ИГП-28	3,85 кН	5,7 кН
МГЕ-10		5,0 кН
АМГ-10		4,56 кН

Изменяя давление  $p_0$  от 50 до 350 атм (5–35 МПа), получаем график зависимости отжимающей силы с учетом и без учета вязкости жидкости (рис. 3).

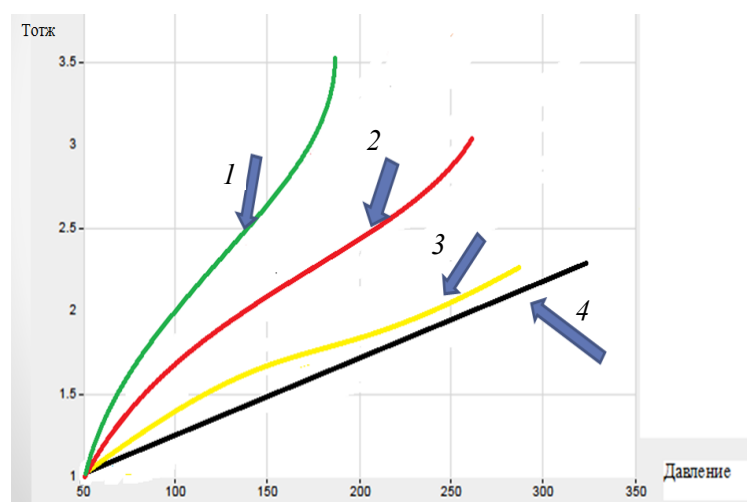


Рис. 2. Результаты расчета сил гидростатического отжатия:

1 – для индустриального масла ИГП-48; 2 – для моторного масла МГЕ-10;  
3 – для авиационного масла АМГ-10; 4 – зависимость без учета вязкости

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Сила отжатия на распределителе аксиально-поршневой гидромашины не пропорциональна рабочему давлению. Она зависит от индекса вязкости  $\nu$ . Изменения вязкости происходят под действием давления и температуры, удельного веса и теплоемкости рабочей жидкости.

2. Соотношение сил прижатия и отжатия блока цилиндров от распределителя не остается постоянным, и при повышении рабочего давления нарастает дефицит силы гидростатического отжатия.

3. Нарастающий недостаток силы гидростатического отжатия по мере увеличения рабочего давления более ощутим при работе на жидкости, обладающей более низким индексом вязкости.

#### Литература

1. Ершов, Б. И. Отжимающая сила в торцевом зазоре / Б. И. Ершов // Вестн. машиностроения. – 1974. – С. 23–25.
2. Башта, Т. М. Гидравлика и гидравлические машины / Т. М. Башта. – 1969. – С. 259.
3. Ершов, Б. И. Отжимающая сила в торцевом распределителе АПГМ / Б. И. Ершов // Вестн. машиностроения. – 1977. – С. 14–16.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ОБРАЗОВАНИЯ ГОРЯЧИХ ТРЕЩИН В ОТЛИВКАХ

С. С. Кузовов

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Брянский государственный  
технический университет», Россия*

Научный руководитель К. В. Макаренко

Известно, что возможные отклонения в значении какого-либо параметра технологического процесса изготовления отливки ведут к появлению вполне определенных пороков литья. Так, например, в большинстве литературных источников [1]–[3] указывается на непосредственную связь температуры заливки с вероятностью образования горячих трещин (ГТ). Чем выше температура заливаемого в форму металла, тем выше вероятность образования ГТ в отливке. Не меньшую роль в образовании ГТ играет химический состав. Широко известно отрицательное влияние повышенного содержания серы на горячеломкость стальных отливок. В результате осмотра забракованных отливок наряду с ГТ были обнаружены такие дефекты как спай, недолив, неслитина, указывающие на пониженную температуру заливки. При помощи оптико-эмиссионного спектрометра OBLF GS1000 II было проведено исследование химического состава структурных приливов из забракованных отливок и сравнение с результатами химического анализа проб, взятых из ковша в процессе разлива (см. таблицу).

### Содержание основных химических элементов в пробе и отливке для разных плавов

Химический элемент	Номер плавки											
	1		2		3		4		5		6	
	проба	отливка	проба	отливка	проба	отливка	проба	отливка	проба	отливка	проба	отливка
C	0,21	0,226	0,2	0,2	0,2	0,199	0,22	0,224	0,23	0,234	0,19	0,206
Mn	1,25	1,231	1,39	1,377	1,34	1,268	1,28	1,262	1,3	1,256	1,19	1,199
Si	0,4	0,458	0,42	0,557	0,35	0,405	0,4	0,416	0,4	0,457	0,3	0,359

Окончание

Химический элемент	Номер плавки											
	1		2		3		4		5		6	
	проба	отливка	проба	отливка	проба	отливка	проба	отливка	проба	отливка	проба	отливка
P	0,024	0,018	0,022	0,016	0,027	0,018	0,02	0,017	0,024	0,013	0,026	0,013
S	0,029	0,033	0,03	0,029	0,03	0,024	0,026	0,022	0,028	0,024	0,03	0,03
Cr	0,12	0,117	0,14	0,132	0,14	0,126	0,12	0,109	0,1	0,085	0,1	0,092
Ni	0,11	0,125	0,17	0,182	0,11	0,126	0,11	0,109	0,11	0,106	0,12	0,118
Cu	0,17	0,202	0,17	0,196	0,16	0,174	0,17	0,167	0,2	0,198	0,21	0,204
Al	0,05	0,053	0,057	0,053	0,044	0,042	0,06	0,049	0,06	0,059	0,056	0,037
Ti	0,004	0,006	0,004	0,007	0,005	0,006	0,006	0,007	0,004	0,008	0,003	0,004
Уровень жидкого металла в ковше, %	50	4	50	18	50	25	50	95	50	85	50	95

В таблице приведены данные на примере шести отливок, залитых на разных тоннах.

По данным, приведенным в таблице, можно судить о том, что химический состав забракованных отливок мало отличается от химического состава плавки в общем, а значит и других отливок, залитых металлом из этой плавки и не имеющих ГТ. Поэтому в данном случае химический состав отливки не мог явиться причиной появления ГТ.

В ходе исследования была выявлена определенная закономерность возникновения ГТ в зависимости от очередности заливки форм (рис. 1, 2): ГТ образуются на первоначальном и заключительном этапах разливки ковша.



Рис. 1. Зависимость появления горячих трещин (ГТ) в отливках от очередности заливки литейной формы (ковш 10 т)

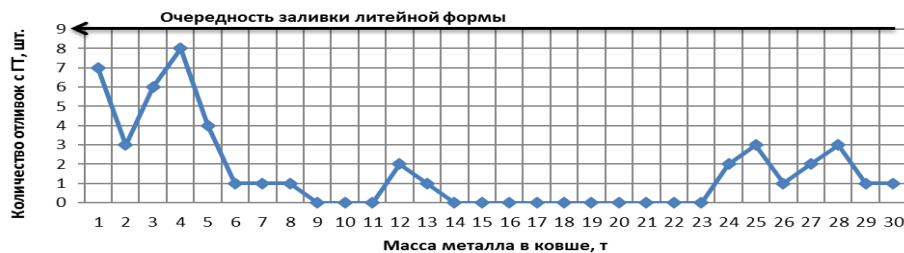


Рис. 2. Зависимость появления горячих трещин (ГТ) в отливках от очередности заливки литейной формы (ковш 30 т)

Для объяснения данного факта было проведено компьютерное моделирование процессов теплопереноса в ковше емкостью 10 т при выдержке (в процессе транспортировки ковша) и разливке металла. Для моделирования использовали систему NX (компания «Siemens PLM Software»). Согласно результатам моделирования, представленным на рис. 3, 4, в начале и конце заливки температура металла более низкая. Холодный металл не может удовлетворить условию, при котором горячие трещины «залечиваются». Процесс роста разветвленных дендритов при относительно малом количестве остаточной жидкой фазы сопровождается образованием усадочных рыхлот, пористости и микротрещин. Вследствие нарушения сплошности структуры значительно снижаются механические свойства сплава, вероятность образования горячих трещин увеличивается. Таким образом, неблагоприятные условия заполнения и питания отливки ввиду относительно низкой температуры заливки увеличивают вероятность образования горячих трещин в отливках. Оптимальная температура заливки должна назначаться из условий обеспечения высокой жидкотекучести металла и минимальной вероятности возникновения литейных дефектов, в частности горячих трещин. В реальных условиях производства стального литья регулирование температурно-скоростных режимов заливки и охлаждения позволяет устранить горячие трещины в отливках. Влияние температуры заливки жидкого металла в форму на механизм образования горячих трещин неоднозначно, при выборе температуры заливки необходимо учитывать существование максимума трещиностойкости стали.

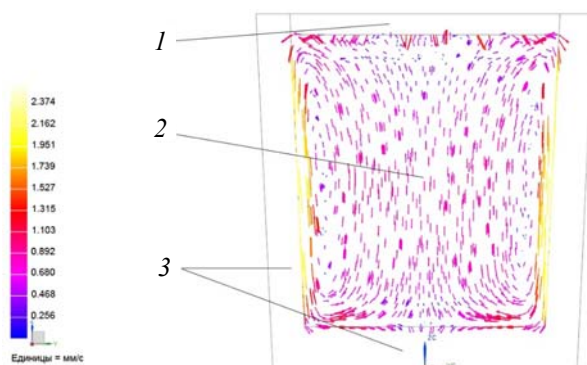


Рис. 3. Распределение скоростей конвекционных потоков по высоте ковша:  
1 – слой шлака; 2 – жидкий металл; 3 – футеровка ковша

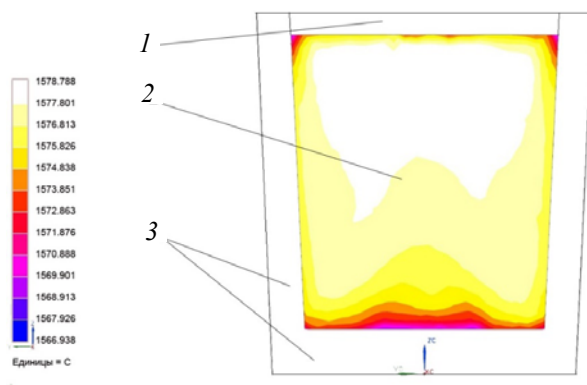


Рис. 4. Распределение температур жидкого металла по высоте ковша:  
1 – слой шлака; 2 – жидкий металл; 3 – футеровка ковша



## Литература

1. Баландин, Г. Ф. Основы теории формирования отливки : в 2 ч. / Г. Ф. Баландин. – М. : Машиностроение, 1979. – Ч. 2. Формирование макроскопического строения отливки. – 335 с.
2. Нехендзи, Ю. А. Стальное литье / Ю. А. Нехендзи. – М. : Metallurgizdat, 1948. – 766 с.
3. Пикунов, М. В. Плавка металлов. Кристаллизация сплавов. Затвердевание отливок : учебник / М. В. Пикунов. – М. : МИСиС, 2005. – 416 с.

**ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ РАМЫ ТЕЛЕЖКИ  
ПРИЦЕПНОГО ВАГОНА ПОЕЗДА-ТРАМВАЯ****П. И. Шалупина**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Брянский государственный  
технический университет», Россия*

Научный руководитель Д. Я. Антипин

В последние годы острой становится проблема организации пассажирских перевозок в пригородном и межобластном сообщении. В частности, серьезной проблемой является транспортное обеспечение значительных пассажиропотоков, возникающих между мегаполисами и их городами-спутниками, которые образуют крупные агломерации. Объем существующих пассажиропотоков обусловлен ведением трудовой деятельности большей части населения городов-спутников в деловых центрах агломераций. С учетом тенденции роста объема пассажиропотоков актуальной становится задача создания новых систем общественного транспорта, обеспечивающих беспересадочное перемещение большого количества пассажиров как в черте города, так и в пригородном сообщении.

Анализ международного опыта пассажирских перевозок в крупных мегаполисах показывает, что наиболее эффективным средством решения указанных проблем является использование железнодорожного транспорта, тесно интегрированного в городскую инфраструктуру. При этом возможности развития сети метрополитена в мегаполисах ограничены как значительными финансовыми затратами, так и геологическими особенностями региона.

В настоящее время для решения проблем логистики пассажирских перевозок мегаполисов все чаще используются поезда-трамваи.

Поезд-трамвай – это вид железнодорожного транспорта, особенностью которого является возможность использования пригородными поездами инфраструктуры городских трамвайных сетей после незначительной модернизации. В черте города данный вид транспорта работает в режиме трамвая с большой частотой остановок для посадки/высадки пассажиров. В пригородных районах поезд-трамвай переключается на поездный режим работы (режим электропоезда), что обусловлено более редкими, по сравнению с городскими условиями, остановками.

Введение подобной системы транспорта на линиях с небольшим, но регулярным, пассажиропотоком в Европе в свое время позволило значительно разгрузить пригородное сообщение, а также уменьшить издержки на содержание и эксплуатацию единиц подвижного состава.

Несмотря на очевидные достоинства данного вида транспорта, режим его эксплуатации предъявляет высокие требования к конструкции поездов-трамваев. Это связано с обеспечением возможности движения поезда-трамвая по городским трамвайным путям, имеющем худшее состояние в сравнении с пригородным сообщением. Поэтому конструкция ходовых частей подвергается значительно более высоким

динамическим нагрузкам. Целью данной работы является исследование динамической нагруженности рамы тележки прицепного вагона поезда-трамвая как основного несущего элемента конструкции тележки.

В ходе работы был проведен анализ существующих конструкций ходовых частей поездов-трамваев. Основными производителями данного вида подвижного состава являются такие крупные европейские компании как Siemens AG, Alstom, а также канадская Bombardier Inc.

Все ходовые части поездов-трамваев по конструкции подразделяются на две различные схемы: с использованием мотор-колеса, а также с использованием колесной пары.

По расположению основных несущих элементов тележки вагонов-трамваев подразделяются на конструкции: с применением надбуксовой рамы и с применением подрамника.

На основе проведенного анализа принята схема тележки, сочетающая в себе использование колесной пары с надбуксовым положением рамы. Данное решение в полной мере отвечает требованиям российской нормативной документации и условиям обеспечения снижения затрат на эксплуатацию и ремонт поездов-трамваев. Принятая компоновочная схема поезда-трамвая обеспечивает минимальную массу тары и учитывает необходимую обмоторенность единицы подвижного состава.

В плане конструкции поезд-трамвай представляет собой два прицепных вагона, каждый из которых опирается на необмоторенную тележку. Между двумя прицепными вагонами располагается моторная секция, которая опирается на обмоторенную тележку.

Для исследования динамической нагруженности ходовых частей предлагаемой конструкции поезда-трамвая разработана динамическая компьютерная модель поезда. Она представляет собой систему абсолютно твердых тел, которые связаны между собой посредством силовых элементов, а также шарниров. Кузова вагонов в модели представляются абсолютно твердыми телами с реальными инерциальными характеристиками, учитывающими расположение тяжеловесного оборудования, а также особенности его интерьера. Кузова вагонов опираются на тележки через специальные нелинейные упруго-диссипативные элементы, моделирующие пневморессору. Работа пневморессор описывается в рамках модели GENSYS [1].

Компьютерная модель сформирована с использованием разработанных пространственных моделей основных несущих элементов в программном комплексе «Универсальный механизм» [2].

В результате моделирования движения получены данные о динамических усилиях, действующих на раму тележки при ее движении: в зоне взаимодействия рамы с пневморессорой, а также в зоне взаимодействия буксовых поводков с рамой тележки.

Для оценки динамической нагруженности несущей конструкции рамы тележки в среде программного комплекса NX CAE разработана пластинчатая конечно-элементная модель несущей конструкции рамы. Данная модель состоит из 12000 четырехузловых пластинчатых элементов, которые объединены между собой в 12600 узлах (рис. 1).

Решение задачи представлено в динамической постановке. К конечно-элементной модели приложена совокупность динамических нагрузок, полученная при моделировании движения поезда-трамвая. Данные нагрузки прикладывались к модели в виде осциллограмм изменения усилий во времени.

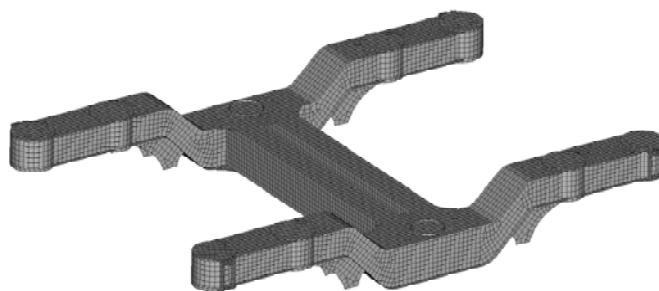


Рис. 1. Пластинчатая конечно-элементная модель рамы тележки поезда-трамвая

Расчет производился методом непосредственного интегрирования уравнений узловых перемещений, реализованного в среде промышленного программного комплекса NX CAE. Под действием совокупности сил в каждый момент времени конечно-элементная модель находилась в равновесии.

Результаты моделирования получены в виде картин изменения напряженного состояния рамы тележки во времени для различных режимов движения.

Анализируя полученные данные, сделан вывод о работоспособности предложенной конструкции рамы тележки, поскольку максимальные динамические усилия не превышают допускаемых значений.

Полученный спектр динамических напряжений на следующем этапе данной работы позволит оценить усталостную долговечность рассматриваемой конструкции рамы тележки поезда-трамвая.

#### Литература

1. Михальченко, Г. С. Совершенствование динамических качеств подвижного состава железных дорог средствами компьютерного моделирования / Г. С. Михальченко, Д. Ю. Погорелов, В. А. Симонов // Тяжелое машиностроение. – 2003. – № 12. – С. 2–6.
2. Presthus, M. Derivation of Air Spring Model Parameters for Train Simulation / M. Presthus; Department of Applied Physics and Mechanical Engineering. – Vasteros. : Lulea University of Technology, 2002. – 75 p.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИВОДА ГУСЕНИЦ ГОРНЫХ МАШИН ДЛЯ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**М. С. Горностай, А. Г. Лакотош**

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

Научный руководитель Г. А. Басалай

На рудниках ОАО «Беларуськалий» при разработке Старобинского месторождения калийных солей в настоящее время широко применяются проходческие комбайны с основным исполнительным органом (ИО) в виде соосных роторов (ПК-8МА, ПКС-8М и КРП-3), а также комбайны с планетарно-дисковым ИО: «Урал-10А» и «Урал-61» (производитель – Копейский машиностроительный завод, Россия), КПО-10,5 (Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством, Беларусь).

Гусеничный движитель комбайна предназначен для подачи комбайна на забой во время проходки выработки, отгона комбайна из выработки и для осуществления

маневров машиной. Движитель состоит из рамы комбайна, гусеничных тележек (правой и левой) с индивидуальными гидромеханическими приводами на каждую гусеницу.

Редуктор левой (правой) гусеницы комбайна ПКС-8 (рис. 1) служит для привода гусеничной цепи. Привод редуктора осуществляется гидромотором  $M$ , который позволяет плавно изменять скорость подачи комбайна. Крутящий момент  $M$  от гидромотора через зубчатую муфту 1 передается валу 2, на котором на игольчатых подшипниках свободно вращаются шестерни 3 и 4, выполненные заодно с зубчатыми полумуфтами. Обойма 5 зубчатой полумуфты, вращаясь совместно с валом 2 и связанной с ним вилкой с сухарями, может перемещаться на валу и входить в зацепление с полумуфтами шестерен 3 или 4, обеспечивая включение рабочей или маневровой скорости перемещения комбайна.

При включении рабочей скорости подачи комбайна крутящий момент от гидромотора  $M$  передается ведущим звездочкам 24 гусеничной ленты через шесть ступеней зубчатых передач (4–6, 8–11, 12–13, 14–16, 18–19 и 21–22), а при маневровой – через четыре ступени передач (3–13, 14–16, 18–19 и 21–22). Передаточное отношение привода в рабочем режиме комбайна составляет 204,5; при маневрах – 15,8. Максимальная скорость комбайна при отгоне – до 3 м/мин.

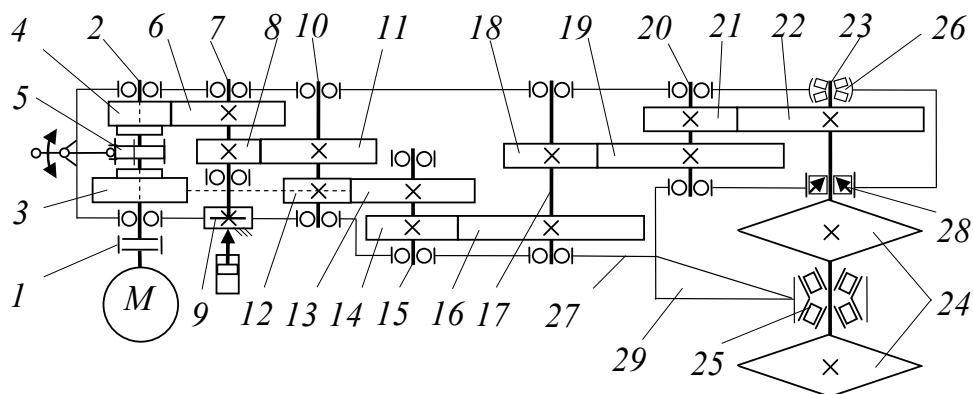


Рис. 1. Кинематическая схема привода гусеницы проходческого комбайна ПКС-8М

В редуктор привода гусеницы встроен тормоз 9, предназначенный для торможения гусеницы во избежание самопроизвольного сползания комбайна под уклон под действием собственного веса при отключении электродвигателей насосов. При одновременной подаче масла к гидромотору и в цилиндр происходит срабатывание тормоза.

В комбайнах семейства «Урал» гидромеханические приводы гусениц также представляют собой многоступенчатые цилиндрические редукторы. Кинематическая схема привода гусеницы приведена на рис. 2. Крутящий момент от гидромотора  $M$  передается ведущей звездочке 27 гусеничной ленты через семь ступеней зубчатых передач (3–4, 6–7, 9–10, 13–14 или 15–16, 18–19, 21–22 и 24–25). Передаточное отношение привода гусеницы в первом режиме при подаче комбайна на забой, когда с помощью кулачкового механизма переключения 12 вращение передается через пару зубчатых колес 13–14, составляет 1450; при включении второго режима (транспортный, 15–16) – 520. Максимальная скорость комбайна при отгоне – до 3 м/мин.

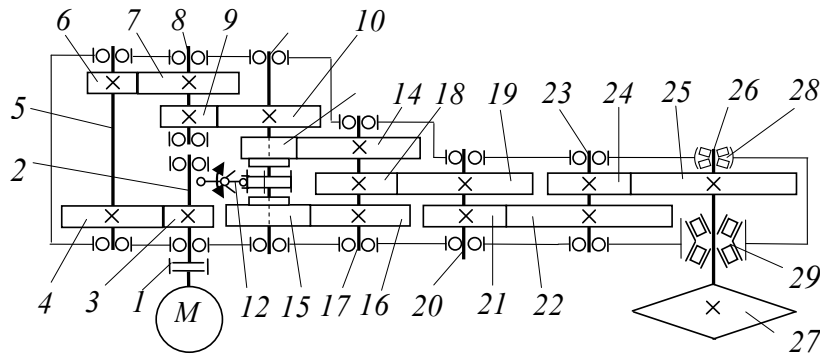


Рис. 2. Кинематическая схема привода гусеницы комбайнов семейства «Урал»

Эффективность приводов можно оценить потерями энергии, т. е. через коэффициенты полезного действия:

– для редуктора привода гусеницы комбайна ПКС-8

$$\eta_{\text{ПКС}} = \eta_{3,31}^m \cdot \eta_{\text{пл}}^n = 0,985^6 \cdot 0,999^{14} = 0,9133 \cdot 0,9861 = 0,901, \quad (1)$$

где  $\eta_{3,31}$  – КПД одной пары цилиндрического зацепления зубчатых колес;  $m$  – количество зубчатых зацеплений в кинематической цепи;  $\eta_{\text{пл}}$  – КПД одного подшипника;  $n$  – количество подшипников в кинематической цепи;

– для редуктора комбайнов семейства «Урал»

$$\eta_{\text{Урал}} = \eta_{3,31}^m \cdot \eta_{\text{пл}}^n = 0,985^7 \cdot 0,999^{16} = 0,8996 \cdot 0,9841 = 0,885. \quad (2)$$

Отметим, что КПД зубчатого зацепления, особенно для мелкосерийного производства горных машин, имеет широкий диапазон (0,997–0,999), поэтому рекомендуется проводить экспериментальные измерения потерь энергии в приводах во время испытаний комбайнов.

Ряд производителей горных машин в гидромеханических приводах гусениц применяют комбинированные схемы, состоящие из двухступенчатых цилиндрических и одно-, двухступенчатых планетарных передач (например, комбайн СМ2В-30Р, «Eickhoff», Германия) (рис. 3).

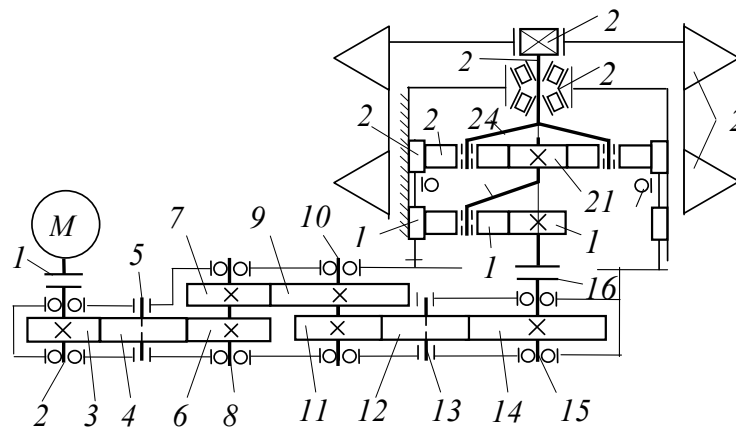


Рис. 3. Кинематическая схема привода гусеницы комбайна СМ2В-30Р

Передаточное отношение привода, представленного на схеме:

$$u = \frac{z_9}{z_3} \cdot \frac{z_{14}}{z_{12}} \left( 1 + \frac{z_{19}}{17} \right) \left( 1 + \frac{z_{23}}{z_{21}} \right). \quad (3)$$

Исходя из руководства по эксплуатации машины СМ2В-30Р  $u = 302$ .

Зубчатые колеса 4, 6, 7, 13 ( $z_6 = z_7$ ) не оказывают влияния на общее передаточное отношение, а служат для увеличения межосевого расстояния между валами.

Таким образом, анализ конструктивных особенностей приводов гусениц проходческих комбайнов показывает, что они обеспечивают значительное передаточное отношение, поэтому включают в себя от 4 до 7 ступеней цилиндрических передач. Эффективность редукторов может составлять 0,8–0,9. Учитывая, что проходческие комбайны представляют собой тихоходные мобильные машины, этот показатель не влияет на их общую эффективность. Сложность конструкций отражается на стоимости изготовления, а также показателях надежности изделий.

Авторам представляется актуальной задача по модернизации конструкции гидромеханического привода горных машин для подземной разработки месторождений полезных ископаемых.

Одним из перспективных вариантов модернизации привода гусениц рассматривается использование циклоидальных редукторов, которые могут обеспечивать одной ступенью волновой передачи передаточное отношение до 119, а двухступенчатой – до 12000. Успешной реализации данного предложения может способствовать типоразмерный ряд циклоидальных редукторов, разработанных на Барановичском станкостроительном заводе. КПД одноступенчатого редуктора – 92,5 %, двухступенчатого 85 %. Высокая нагрузочная способность выдерживает 5-кратные пиковые перегрузки. Циклоидальные редукторы обладают высокой надежностью до 20000 ч непрерывной работы редуктора при постоянной нагрузке с вероятностью безотказной работы до 90 %. Многопарность зацепления обеспечивает низкий уровень шума 65–70 дБ.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИВОШИПНОГО МЕХАНИЗМА ШАГАНИЯ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА

Д. О. Евтягин, М. С. Горностай

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

Научный руководитель Г. А. Басалай

На предприятиях горноперерабатывающей промышленности для добычи полезных ископаемых открытым способом и складирования отходов широко используются полноповоротные одноковшовые экскаваторы и отвалообразователи на шагающих движителях. Эти машины представляют собой сложные и массивные электромеханические системы, проектирование и расчет которых в большинстве случаев базируется на исследовании и решении уравнений их движения. Уравнения движения в зависимости от задач исследований и расчетов могут быть составлены различными способами и в различных формах. В настоящей работе рассматривается и исследуется равновесие базы машин при передвижении. При составлении уравнений движения и равновесия подобные машины (рис. 1) рассматриваем как динамические системы, состоящие из следующих частей: база (абсолютно жесткое тело); поворотная платформа (абсолютно жесткое тело); механизмы, установленные на по-

воротной платформе; стрела; канаты, ванты (элементы, связывающие между собой основные части). За основную часть системы выбрана база, а движение остальных частей рассмотрено относительно нее.

Опорная база воспринимает все нагрузки, действующие на машину, и передает их на опорную поверхность. При стационарном режиме эти нагрузки включают силы тяжести, ветровую нагрузку, а также нагрузки, возникающие вследствие разрушения и перемещения горной массы, находящейся на конвейере или в ковше.

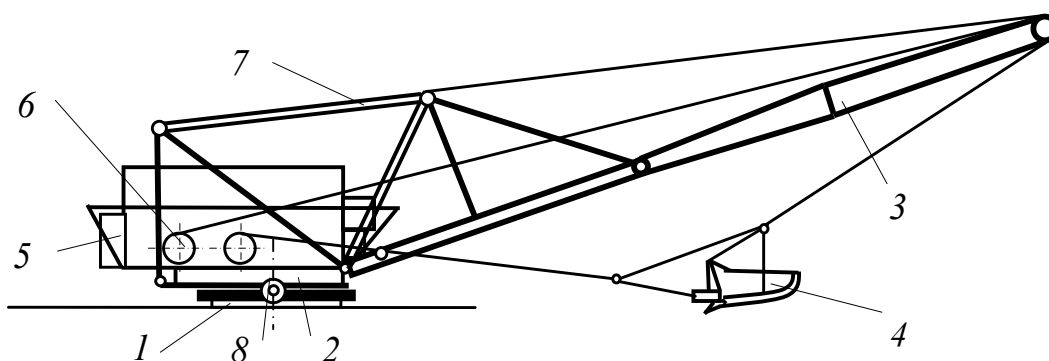


Рис. 1. Схема шагающего одноковшового экскаватора:  
1 – база; 2 – поворотная платформа; 3 – стрела; 4 – ковш (драглайн); 5 – противовес;  
6 – тяговые лебедки; 7 – подвес стрелы; 8 – механизм шагания

На ОАО «Беларуськалий» применяются два типа шагающих отвалообразователей ОШ–110, ОШ–75. В 2011 г. введен в действие ОСШ–102, разработанный на базе ОШ–75 Солигорским институтом проблем ресурсосбережения с опытным производством (СИПР). Отвалообразователи предназначены для образования солеотвалов из отходов (пустой породы) после переработки добытой из шахт руды на обогащительных фабриках.

Одноковшовые экскаваторы представлены в виде драглайнов НКМЗ (Россия), ЭШ (Украина) и МЗШ (Беларусь) с длиной стрелы до 75 м и емкостью ковша 6 м<sup>3</sup>, используемых на предприятиях ОАО «Нерудпром» при разработке месторождений нерудных полезных ископаемых открытым (карьерным) способом.

При работе машина опирается на основание (базу), а лыжи приподняты над грунтом. Во всех моделях машин используются кривошипно-кулисные или эксцентриковые (кулачковые) механизмы шагания. Они имеют один общий привод на два бортовых механизма для синхронного приведения в движение ног с лыжами.

На реальных конструкциях шагающих отвалообразователей и экскаваторов процесс переноса базы во время шагания осуществляется плавно в течение времени (12 ч 20 с), значительно превосходящем низкий период собственных колебаний конструкции этих машин. Поэтому в основном только импульсные скорости, приобретаемые элементами конструкции в моменты подъема и посадки, как показывают соответствующие расчеты и экспериментальные исследования, вызывают колебания в вертикальной продольной плоскости, следовательно, и динамические нагрузки в элементах несущих конструкций.

При определенных технологических и сезонных условиях происходят нештатные процессы, в частности, повышенная деформация опорного основания породы, которые приводят к предельным кренам машин, что требует проверки запаса устойчивости на моделях и принятия мер по модернизации механизмов шагания. Одним из решений

данной проблемы может послужить увеличение клиренса или высоты отрыва опорной базы от поверхности почвы. Данная мера поможет предотвратить «зарывание» опорной рамы в грунт, что чаще всего и наблюдается при перемещении шагающих экскаваторов при разработке карьеров ОАО «Красносельскстройматериалы».

Шагание происходит за несколько характерных фаз поворота ведущего звена, т. е. кривошипа. В исходном положении горная машина опирается на круговую базу, а опорные лыжи удерживаются в подвешенном состоянии. Перед началом передвижения машины надстройка с исполнительными органами поворачивается в направлении движения. Следует обратить внимание, что отвалообразователи шагают в направлении на отвальную консоль конвейера, а одноковшовые экскаваторы-драглайны передвигаются в противоположном направлении, т. е. от стрелы с ковшом. После этого включается привод механизма шагания. В результате синхронного поворота кривошипов левого и правого механизмов лыжи подаются вперед и одновременно опускаются до касания с опорной поверхностью. В этот момент нагрузка от массы машины переносится от опорной базы на лыжи. При этом одновременно машина приобретает продольный крен и опирается на третью «точку», расположенную у отвалообразователей на приемной консоли в зоне загрузочного бункера, а у экскаваторов – на переднюю кромку (в виде сегмента) опорного круга. После подталкивания машины относительно лыж на один шаг она опускается на круговую базу.

В ходе анализа конструктивных параметров механизмов шагания одноковшового экскаватора авторами разработан алгоритм расчета траектории характерных шарниров и составлена программа, позволяющая изображать в динамике данные траектории.

*Исходные данные.* Плоская система координат  $O_1xz$  расположена в продольной плоскости машины с центром  $O_1$ , совмещенным с осью вращения кривошипа  $O_1A$  (рис. 2). Направление вращения кривошипа  $O_1A$  с угловой скоростью  $\omega_A$  – по часовой стрелке.

$$l_0 = O_1O_2, l_1 = O_1A, l_2 = O_2B, l_3 = AB, l_4 = AC, \varphi_A = \angle BAC.$$

Расчетные формулы:

(·)A – шарнир соединения «ноги»  $BAC$  к кривошипу  $O_1A$

$$\begin{cases} x_{Ai} = -l_1 \cos \alpha_{Ai}; \\ z_{Ai} = -l_1 \sin \alpha_{Ai}, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\alpha_{Ai} = \omega_A t_i$ ;

(·)B – шарнир крепления «ноги»  $BAC$  к кулисе  $O_2B$

$$\begin{cases} x_{Bi} = l_2 \cos \alpha_{Bi}; \\ z_{Bi} = l_0 - l_2 \sin \alpha_{Bi}, \end{cases} \quad (2)$$

где  $\alpha_{Bi} = 90^\circ - (\alpha_{l1} + \alpha_{l3})$ ;

(·)C – шарнир крепления лыжи к «ноге»

$$\begin{cases} x_{Ci} = l_1 \cos \alpha_1 - l_4 \sin \alpha_{Cz}; \\ z_{Ci} = -l_1 \sin \alpha_1 - l_4 \cos \alpha_{Cz}. \end{cases} \quad (3)$$



По данным уравнениям построены траектории характерных точек  $A$ ,  $B$  и  $C$  механизма в системе подвижных координат  $Oxz$ .

Для анализа продольной устойчивости экскаватора во время шагания разработана модель в системе неподвижных координат  $O'XZ$  с началом в точке  $O$ , совпадающей с центром опорной базы диаметром  $D_{об}$ . В данной модели учитывается продольный угол  $\beta$  крена, а ключевой точкой  $M$  является центр масс машины.

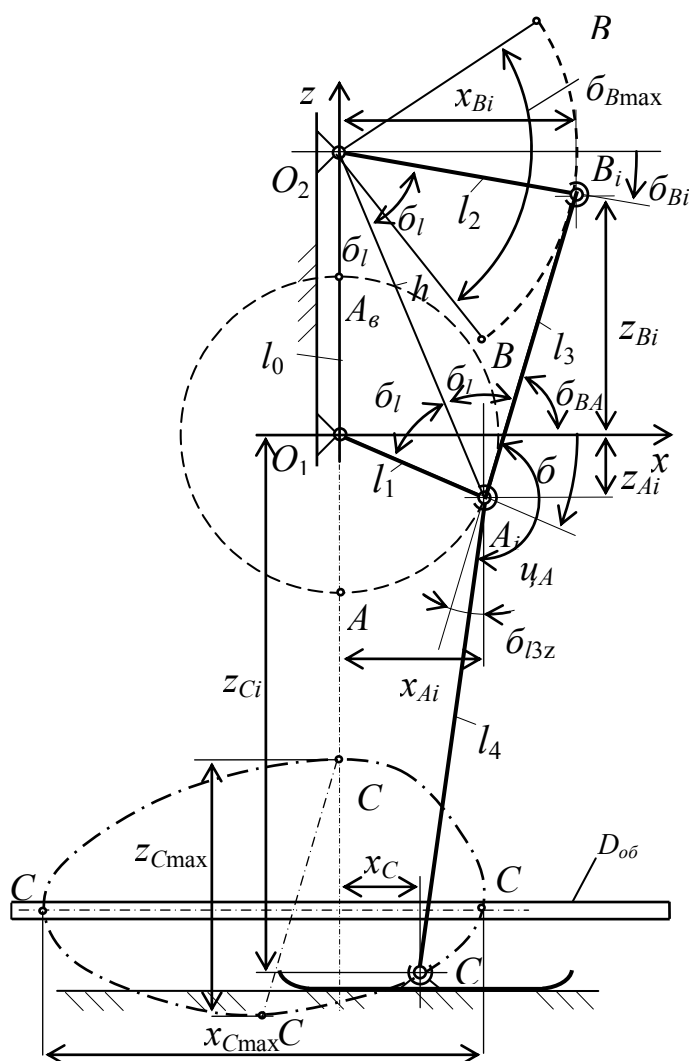


Рис. 2. Расчетная схема для анализа движения кривошипного механизма шагания

### Заключение

В работе проведен информационный обзор и анализ шагающих отвалообразователей и одноковшовых экскаваторов, применяемых на разрабатываемых месторождениях Республики Беларусь. Рассмотренные в работе вопросы позволяют разрабатывать достаточно подробные модели машин на шагающих движителях, модернизировать конструкции их опорных баз и механизмов шагания, обеспечивая требуемую устойчивость как в статическом положении, так и во время передвижения.

## СИЛОВОЙ 3D-АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ПЛАНЕТАРНОЙ ЭКСЦЕНТРИКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ С МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ЗУБЬЯМИ САТЕЛЛИТА

С. Г. Черняков

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

Научный руководитель А. В. Капитонов

Исследуемая эксцентриковая передача [1], [2] является малогабаритной и представляет собой планетарную передачу, относящуюся к типу *K-H-V*. Чертеж планетарного эксцентрикового редуктора, построенного на базе передачи указанного типа, представлен на рис. 1.

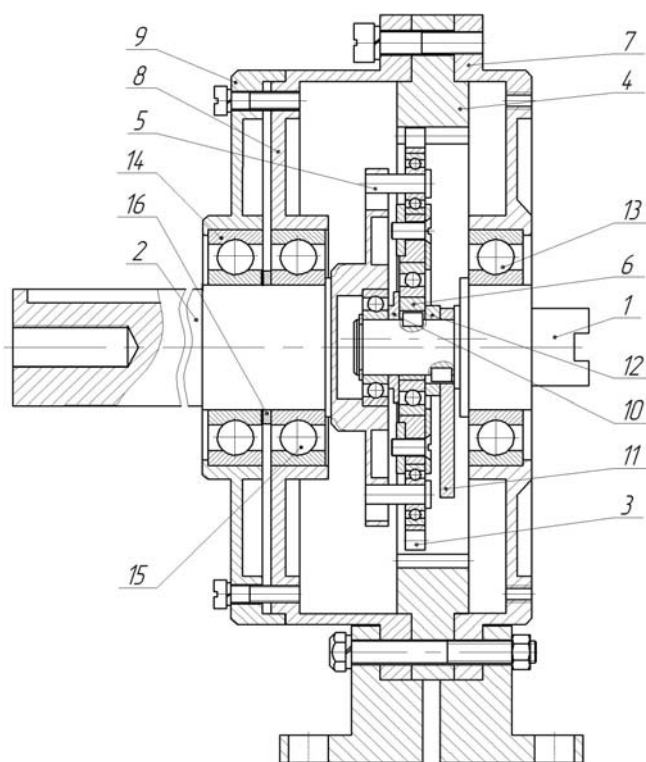


Рис. 1. Чертеж планетарного эксцентрикового редуктора (разрез вдоль оси валов):  
1 – вал ведущий; 2 – вал ведомый; 3 – сателлит; 4 – центральное колесо; 5 – палец;  
6 – эксцентрик; 7–9 – крышки; 10 – кольцо; 11 – диск; 12 – кольцо;  
13–15 – подшипники; 16 – распорное кольцо

Принцип работы редуктора следующий. При вращении ведущего вала 1 редуктора вращается эксцентрик 6, закрепленный на данном валу с помощью шпонки. На эксцентрике 6 установлен сателлит 3 с подшипником качения. При вращении эксцентрика 6 сателлит 3 обкатывается по центральному колесу внутреннего зацепления 4, совершая планетарное движение. Вращение сателлита передается на ведомый вал 2 редуктора посредством четырнадцати цилиндрических пальцев 5, консольно установленных в сателлите на подшипниках качения.

Передача имеет модифицированный профиль зубьев сателлита, что обеспечивает ее работоспособность и многопарность зубчатого зацепления [3].

Силовой анализ звеньев редуктора проводился с помощью модуля Simulation программной среды SolidWorks [4]. Моделировалось нагружение редуктора и исследовались возникающие в его звеньях напряжения.

Исходные данные для моделирования: число зубьев сателлита – 50; число зубьев центрального колеса – 51; крутящий момент на входном валу –  $20 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ; частота вращения ведущего вала –  $500 \text{ мин}^{-1}$ ; момент сопротивления на выходном валу передачи –  $80 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ; материал – закаленная сталь 40X; предел текучести –  $766 \text{ МПа}$ .

На рис. 2 представлен результат моделирования при моменте сопротивления на ведомом валу, равном  $80 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . Максимальное напряжение составило  $187 \text{ МПа}$ .



Рис. 2. Напряжения в сателлите при моменте сопротивления на выходном валу, равном  $80 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Для проверки передачи по нагрузочной способности был произведен анализ напряжений при моменте сопротивления на выходном валу редуктора, значительно превышающем номинальную нагрузку, и равном  $800 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . Результаты моделирования представлены на рис. 3. Максимальное напряжение составило  $726 \text{ МПа}$  и не превысило предел текучести  $786 \text{ МПа}$ .



Рис. 3. Напряжения в сателлите при моменте сопротивления на выходном валу, равном  $800 \text{ Н} \cdot \text{м}$

В результате моделирования стало очевидно, что напряжения скапливаются у ножки зубьев, из чего можно сделать вывод, что утонение зуба в данном случае не ведет к потере прочности сателлита. Также из анализа рис. 2 и 3 очевидно, что в зацеплении участвуют несколько зубьев, вследствие чего прочностные характеристики сателлита увеличиваются.

Также определенный интерес вызывает характер нагружения пальцев, передающих вращение сателлита ведомому валу передачи. Результаты анализа напряжений пальцев представлены на рис. 4.

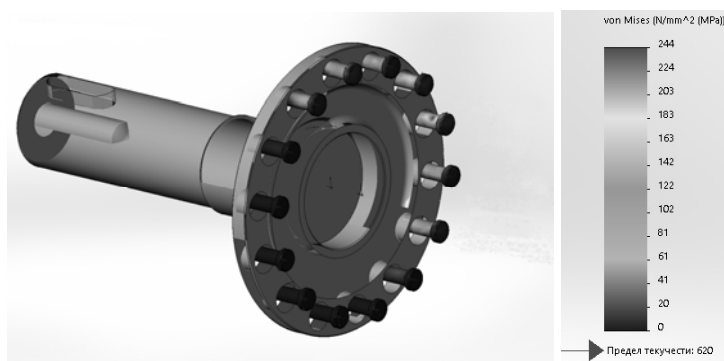


Рис. 4. Напряжения в пальцах при моменте сопротивления на выходном валу, равном  $230 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Из рис. 4 видно, что максимальные напряжения, возникающие в пальцах при нагрузке в  $230 \text{ Н} \cdot \text{м}$ , составляют  $244 \text{ МПа}$ .

Проанализировав полученные данные, можно утверждать, что планетарный эксцентриковый редуктор с модифицированными зубьями сателлита имеет повышенную нагрузочную способность по сравнению с другими планетарными редукторами известных конструкций.

#### Литература

1. Планетарная передача : пат. 5092 С1 Респ. Беларусь, МПК<sup>7</sup> F 16Н 1/28 / А. М. Пашкевич, В. М. Пашкевич, В. В. Геращенко, М. Ф. Пашкевич ; заявитель Могилев. гос. техн. ун-т. – № 19981087 ; заявл. 30.11.98 ; опубл. 30.03.03 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2003. – № 1 (36). – С. 161.
2. 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.
3. Методы формообразования и 3D моделирование профилей зубьев сателлита планетарного эксцентрикового редуктора / А. В. Капитонов [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2014. – № 4. – С. 13–20.
4. Малюх, В. Н. Введение в современные САПР / В. Н. Малюх. – М. : ДМК Пресс, 2012. – 192 с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ УСТРОЙСТВ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ ШЛИЦЕФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ И КОНТРОЛЯ ШЛИЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ВАЛАХ

Е. Ю. Демиденко

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

Научный руководитель А. А. Жолобов

Обстоятельства, обуславливающие предъявление высоких требований к параметрам предварительной и окончательной обработок шлицев в технологической системе шлицефрезерования, жесткость которой непосредственно влияет на качество шлицевых валов и соединений, определяют целью исследований расширение функциональных возможностей устройств управления процессом фрезерования шлицев и комплексного автоматизированного контроля параметров шлицевых поверхностей различного профиля.

В настоящее время проведено достаточное количество исследований в области конструирования устройств для контроля шлицевых поверхностей на валах. Данные устройства позволяют контролировать различные параметры шлицевых поверхностей: на каждый контролируемый геометрический параметр разрабатывается отдельное приспособление [1]–[4].

Данные устройства нашли применение в станкостроительных, приборостроительных и предприятиях, производящих транспортные средства различного назначения, где эксплуатационные параметры шлицев напрямую связаны с точностью их изготовления.

Если учесть, что форма поперечного сечения шлица бывает прямобочная, треугольная и эвольвентная с симметричным взаимным расположением относительно друг друга и относительно оси детали, то и контрольные приспособления должны обладать возможностями для контроля всех параметров.

Автоматизированное устройство для контроля шлицевых валов, представленное на рис. 1 и 2, содержит: основание 1, базирующие элементы 2 и 3, устройство фиксации 4 для фиксирования контролируемого вала 5, направляющую систему 25 и измерительную систему 6. Измерительная система 6 выполнена в виде блока 9 с закрепленными на нем индуктивными преобразователями линейных перемещений 13 и 14 и служит для настройки и контроля вала 5. Показания измерительной системы 6 снимаются при помощи индуктивных преобразователей линейных перемещений 13 и 14. Устройство фиксации 4 контролируемого вала 5 в требуемом угловом положении выполнено в виде закрепленных на поворотном диске 10 сменных профильных опор 11. Освобождение поворотного диска 10 осуществляется при помощи педали 12. Направляющая система 25 состоит из параллельной направляющей системы 7, выполненной в виде тавра 15 с зубчатой рейкой 16, вдоль которой при помощи электродвигателя 17 и редуктора 18 имеет возможность перемещаться блок 9, опирающийся на ролики 19, и вертикальной направляющей системы 8, выполненной в виде гидроцилиндров 20 и 21, штоки 22 и 23 которых соединены с тавром 15 и дающие возможность устанавливать тавр 15 и измерительную систему 6 на требуемую высоту.

Работает устройство следующим образом. Сначала устройство настраивают на измерение конкретного шлицевого вала. Устройство фиксации 4 настраивают с учетом толщины контролируемого шлица 24. Далее, контролируемый вал 5 устанавливают в базирующие элементы 2 и 3 и фиксируют с помощью устройства фиксации 4. При помощи гидроцилиндров 20 и 21 устанавливают параллельную направляющую систему 7 и измерительную систему 6 на определенную высоту.

При помощи электродвигателя 17 и редуктора 18 измерительная система 6 перемещается вдоль тавра 15 в начало участка контролируемого вала 5. Регистрация результатов измерений в определенных местах контролируемого вала 5 осуществляется при помощи индуктивных преобразователей линейных перемещений 13 и 14. После измерения одного контролируемого шлица 24 педаль 12 устройства фиксации 4 отжимают и освобождают контролируемый вал 5. Контролируемый вал 5 поворачивают, педаль 12 возвращают в рабочее положение и ведут измерение другого контролируемого шлица 24. По зафиксированным показаниям индуктивных преобразователей линейных перемещений 13 и 14 определяют толщину и спиральность контролируемого шлица 24.

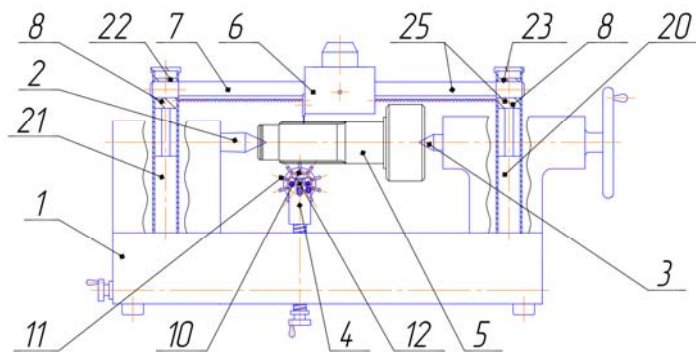


Рис. 1. Чертеж устройства для контроля шлицев на валах

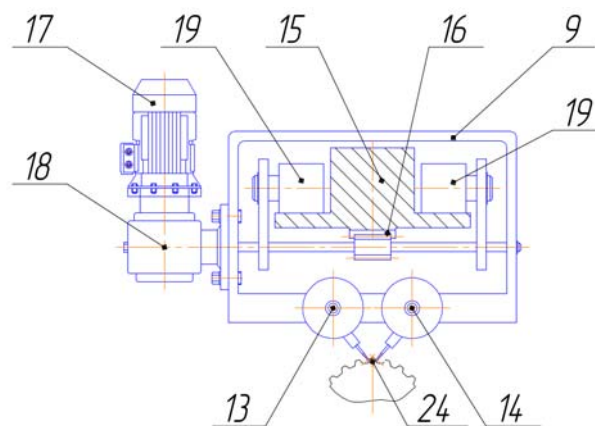


Рис. 2. Измерительная система

Одним из способов обеспечения жесткости технологической системы обработки валов является оперативное регулирование динамической настройки станков, которое выполняется непосредственно в процессе формирования поверхностей на детали.

Устройства динамической настройки станков широко применяются на машиностроительных предприятиях различного профиля, где станочный парк состоит из современных высокоточных металлообрабатывающих станков и станков, технологические возможности которых не могут быть использованы полностью, зачастую в связи с низкой жесткостью обрабатываемых деталей.

Эта и другие точки зрения позволили предложить способ обработки шлицевых поверхностей различного профиля на валах, при котором в качестве поддерживающего и управляющего аппарата выступает следящий люнет, устанавливаемый на определенном расстоянии  $x$  от фрезы и перемещаемый совместно с фрезой после ее полного врезания на всю глубину, что позволит минимизировать влияние сил резания на геометрическую точность элементов шлицевого профиля вала и произвести обработку за один рабочий ход, тем самым повысив производительность и эффективность обработки.

Для реализации способа предложена конструкция следящего люнета, позволяющего в момент обработки перенастраивать его опоры с гладкой цилиндрической поверхности на прерывистую шлицевую поверхность и наоборот, что позволит применять способ регулирования динамической настройки металлорежущего станка при обработке шлицевых валов, длина шлицевого участка которых превышает половину общей длины детали, без остановки станка.

Научная значимость разработок проводимых в рамках данных исследований заключается в том, что указанные исследования позволят технологическими методами повысить использование широких возможностей современных металлообрабатывающих станков.

Практическая значимость заключается в том, что указанные устройства позволят повысить производительность процесса шлицефрезерования и контроля внешних шлицевых поверхностей, снизить объем бракованной продукции, а также повысить надежность и точность работы шлицевых соединений вследствие стабильности их геометрических параметров.

Результаты исследований могут быть использованы при проектировании, изготовлении и контроле компонентов шлицевых соединений различного типа, которые, в свою очередь, могут применяться в различных приводах и исполнительных органах металлообрабатывающих станков, автомобильной, сельскохозяйственной и строительной техники, узлах станочных и контрольных приспособлений.

#### Литература

1. Белоусов, А. П. Автоматизация процессов в машиностроении : учеб. пособие для вузов / А. П. Белоусов. – М. : Высш. шк., 1973. – 456 с. : ил.
2. Технология машиностроения / под ред. М. Е. Егорова, В. И. Дементьева, В. Л. Дмитриева. – М. : Высш. шк., 1976. – С. 348–349.
3. Устройство для контроля шлицевых валов : пат. № 2136 Респ. Беларусь, МПК G 01B 3/00 / М. Ф. Пашкевич, А. А. Жолобов, К. А. Шальжик ; заявл. u20050066 от 14.02.2005 ; опубл. 30.09.2005.
4. Устройство для контроля шлицевых валов : пат. № 9167 Респ. Беларусь, МПК G 01B 3/00 / А. А. Жолобов, В. А. Логвин, Е. Ю. Демиденко, А. О. Козлов ; заявл. u20120888 от 15.10.2012 ; опубл. 30.04.2013.

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ОБЪЕМА ФЛЮИДА, ДОБЫВАЕМОГО ШТАНГОВЫМ ГЛУБИННЫМ НАСОСОМ, ОТ ЧАСТОТЫ ТОКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ**

**В. С. Горбаченко**

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

Научные руководители: Л. Д. Корсун, А. В. Минаков

Добыча нефти с использованием штанговых насосов является одним из самых распространенных способов искусственного подъема нефти, что объясняется их простотой, эффективностью и надежностью. Как минимум две трети фонда действующих добывающих скважин эксплуатируются установками штанговых глубинных насосов (ШГН) [1].

Перед другими механизированными способами добычи нефти установки ШГН имеют следующие преимущества:

- обладают относительно высоким коэффициентом полезного действия;
- проведение ремонта возможно непосредственно на промыслах;
- установки ШГН могут применяться в осложненных условиях эксплуатации.

Простейший ШГН состоит из плунжера, движущегося вверх-вниз по хорошо подогнанному цилиндру. Плунжер снабжен обратным клапаном, который позволяет жидкости течь вверх. Второй клапан, всасывающий, расположенный внизу цилиндра, также позволяет жидкости течь вверх.

Частота вращения магнитного поля [2], создаваемого трехфазной обмоткой статора асинхронного электродвигателя,  $n_0$  зависит от частоты сети  $f$  и числа пар полюсов магнитного поля  $p$ :

$$n_0 = \frac{60 f}{p}. \quad (1)$$

Однако в режиме двигателя ротор будет вращаться несинхронно. Частота вращения ротора будет изменяться при изменении нагрузки на валу. В отличие от частоты вращения ротора частота вращения магнитного поля не зависит от нагрузки. Для сравнения частоты вращения магнитного поля  $n_0$  и ротора  $n'$  вводится коэффициент, который называется скольжением и обозначается буквой  $s$ :

$$s = \frac{n_0 - n'}{n_0}. \quad (2)$$

Из формул (1) и (2) получим:

$$n' = (1 - s)n_0 = (1 - s)\frac{60 f}{p}. \quad (3)$$

Электродвигатель передает крутящий момент редуктору, который преобразует его. Таким образом, полученная частота вращения на выходе из редуктора будет иметь следующее значение:

$$n_{\text{вых.ред}} = \frac{n'}{u},$$

где  $n_{\text{вых.ред}}$  – частота вращения на выходе из редуктора, об/с;  $u$  – передаточное отношение редуктора.

На рис. 1 представлены положения головки балансира в самом верхнем и нижнем своем расположении соответственно. Откуда следует, что отрезок, ограниченный точкой соединения шатуна с противовесом (точка  $A$ ) и ведомым валом редуктора (точка  $B$ ), описывает окружность с центром в точке  $B$ .

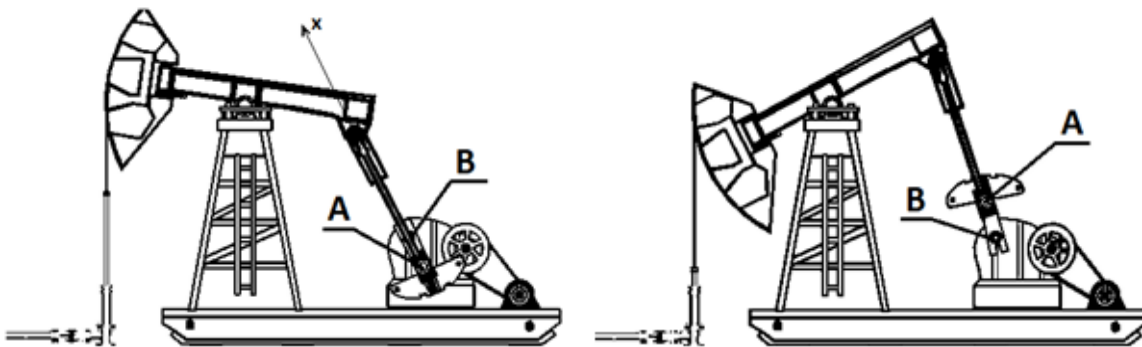


Рис. 1. Положение головки балансира в верхнем и нижнем положении соответственно



Следовательно, максимальное отклонение конца балансира (место соединения балансира с шатуном) вдоль оси  $X$ , равно двум отрезкам  $AB$ .

Количество спусков и подъемов противовеса за одну минуту  $n_{\text{бал}}$  равно:

$$n_{\text{бал}} = \frac{60}{T_{\text{бал}}}, \quad (4)$$

где  $T_{\text{бал}}$  – время, за которое балансир производит два полных колебания, с.

Два полных колебания балансиrom будет произведено тогда, когда точка  $A$  отрезка  $AB$  опишет две полных окружности относительно точки  $B$ . Таким образом, время  $T_{\text{бал}}$  можно определить по формуле

$$T_{\text{бал}} = \frac{u}{n'} + \frac{u}{n'} = \frac{2u}{n'}. \quad (5)$$

Производительность насоса зависит от пригонки плунжера к цилиндру, износа деталей насоса, деформации насосных штанг и труб, негерметичности труб.

Теоретическая производительность ШГН равна [3]:

$$Q_m = 1440 \frac{\pi}{4} D^2 L n, \quad (6)$$

где 1440 – число минут в сутках;  $D$  – наружный диаметр плунжера, м;  $L$  – длина хода плунжера, м;  $n$  – число двойных качаний в минуту.

Фактическая подача  $Q$  всегда меньше теоретической  $Q_t$ . Отношение

$$\alpha = \frac{Q}{Q_t} \quad (7)$$

называется коэффициентом подачи и изменяется от 0 до 1. В скважинах, в которых проявляется так называемый фонтанный эффект, т. е. в частично фонтанирующих через насос скважинах, коэффициент  $\alpha$  может быть равен 1. Коэффициент подачи зависит от ряда факторов, которые учитываются с помощью различных коэффициентов:

$$\alpha = \alpha_d \alpha_{\text{ус}} \alpha_n \alpha_{\text{ут}}, \quad (8)$$

где в соответствующих коэффициентах учитываются:  $\alpha_d$  – деформация штанг и труб;  $\alpha_{\text{ус}}$  – усадка жидкости;  $\alpha_n$  – степень наполнения насоса жидкостью;  $\alpha_{\text{ут}}$  – утечка жидкости.

Коэффициент  $\alpha_d$ , учитывающий деформацию штанг и труб, рассчитывается по следующей формуле:

$$\alpha_d = \frac{S_{\text{пл}}}{S},$$

где  $S_{\text{пл}}$  – длина хода плунжера (определяется из условий учета упругих деформаций штанг и труб), м;  $S$  – длина хода устьевого штока (задается при проектировании), м:

$$S_{\text{пл}} = S - \Delta S;$$

$$\Delta S = \Delta S_{\text{шт}} + \Delta S_{\text{т}},$$

где  $\Delta S$  – деформация общая, м;  $\Delta S_{\text{шт}}$  – деформация штанг;  $\Delta S_{\text{т}}$  – деформация труб.

Коэффициент  $\alpha_{\text{yc}}$ , учитывающий усадку жидкости:

$$\alpha_{\text{yc}} = \frac{1}{b},$$

где  $b$  – объемный коэффициент жидкости, равный отношению объемов (расходов) жидкости при условиях всасывания и поверхностных условиях.

Коэффициент  $\alpha_{\text{н}}$ , учитывающий степень наполнения насоса жидкостью:

$$\alpha_{\text{н}} = \frac{1 - K_{\text{вр}} R'}{1 - R'},$$

где  $R'$  – газовое число, Дж/моль · К;  $K_{\text{вр}}$  – коэффициент, характеризующий долю пространства, т. е. объема цилиндра под плунжером, при его крайнем нижнем положении от объема цилиндра, описываемого плунжером.

Коэффициент утечек:

$$\alpha_{\text{ут}} = 1 - \frac{g_{\text{ут}}}{Q \alpha_{\text{п}} \alpha_{\text{yc}} \alpha_{\text{н}}},$$

где  $g_{\text{ут}}$  – расход утечек жидкости (в плунжерной паре, клапанах, муфтах НКТ), м<sup>3</sup>/сут. Коэффициент  $\alpha_{\text{ут}}$  – величина переменная (в отличие от других факторов), возрастающая с течением времени, что приводит к изменению коэффициента подачи.

Учитывая формулы (6)–(8), получим:

$$Q = 1440 \frac{\pi}{4} D^2 L n \alpha_{\text{д}} \alpha_{\text{yc}} \alpha_{\text{н}} \alpha_{\text{ут}}. \quad (9)$$

Так как балансир является однородным и нерастяжимым, то

$$n = n_{\text{бал}}. \quad (10)$$

Подставляя в (10) формулы (4), (5) и (9), придем к соотношению

$$\frac{4Q}{1440\pi D^2 L \alpha_{\text{д}} \alpha_{\text{yc}} \alpha_{\text{н}} \alpha_{\text{ут}}} = \frac{30n'}{u}. \quad (11)$$

Подставляя формулу (3) в (11):

$$\frac{4Q}{1440\pi D^2 L \alpha_{\text{д}} \alpha_{\text{yc}} \alpha_{\text{н}} \alpha_{\text{ут}}} = \frac{30}{u} (1-s) \frac{60f}{p}. \quad (12)$$

Преобразуя (12), получаем зависимость дебита, добываемого установкой ШГН флюида от частоты электрического тока, подводящего к электродвигателю:

$$Q = \frac{60 \cdot 30 \cdot 1440 \pi D^2 L \alpha_d \alpha_{yc} \alpha_n \alpha_{yt} (1-s)}{4 \mu \rho} f. \quad (13)$$

При замене некоторых параметров стандартными значениями, что облегчит работу персоналу, контролирующему ту или иную скважину, формула (13) примет вид:

$$Q = \frac{556699 D^2 L (1-s)}{\mu \rho} f.$$

Таким образом, подавая определенные сигналы из места, контролирующего добычу флюида, частотному преобразователю, расположенному вблизи установки, можно управлять процессом работы установки ШГН.

#### Л и т е р а т у р а

1. Молчанов, А. Г. Нефтепромысловые машины и механизмы / А. Г. Молчанов, Л. Г. Чичеров. – М. : Недра, 1976. – 328 с.
2. Архипцев, Ю. Ф. Асинхронные электродвигатели / Ю. Ф. Архипцев, Н. Ф. Котеленец. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 104 с.
3. Теория и практика добычи нефти : справоч. изд. / Ф. Ю. Алдакимов [и др.] ; под ред. С. Н. Матвеева ; ОАО «Сургутнефтегаз». – Сургут : Нефть Приобья, 2008. – 416 с. : 116 ил.

### ОБ УДЕЛЬНОМ ДАВЛЕНИИ В КУЛАЧКОВОМ МЕХАНИЗМЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

А. Е. Лисун

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

Научные руководители: А. Т. Бельский, Г. П. Тариков

Кулачковые механизмы наряду с зубчатыми механизмами относятся к наиболее распространенному виду передаточных механизмов современных машин. Особенно широко они нашли применение в производственных машинах-автоматах, когда исполнительный механизм предназначается для осуществления движения, имеющего стабильный, цикловой характер, а также в двигателях внутреннего сгорания.

Износ деталей кулачковой пары двигателя внутреннего сгорания (рис. 1) приводит к изменению характеристик рабочей поверхности кулачка, которые характеризуют работу механизма.

Интенсивность износа кулачка в большей степени зависит от удельного давления  $q$ , возникающего на поверхности контакта кулачка с коромысловым толкателем, величину которого определяют по формулу Герца:

$$q = 0,418 \sqrt{\frac{E_{np} N}{b \rho}},$$

где  $E_{np}$  – приведенный модуль упругости;  $N$  – нормальная сила на поверхности контакта;  $b$  – ширина кулачка;  $\rho$  – радиус кривизны профиля кулачка в точке соприкосновения.

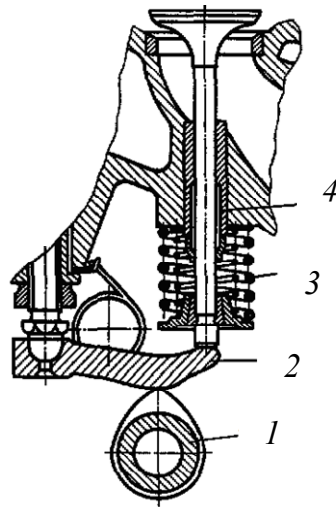


Рис. 1. Детали кулачковой пары:  
1 – кулачок; 2 – толкатель; 3 – пружина; 4 – клапан

Используя расчетную схему (рис. 2), нормальную силу  $N$  можно определить по зависимости

$$N = \frac{\Sigma M_c}{l},$$

где  $\Sigma M_c$  – сумма моментов всех сил, действующих на коромысло за исключением нормальной силы  $N$ , относительно шарнира  $C$ .

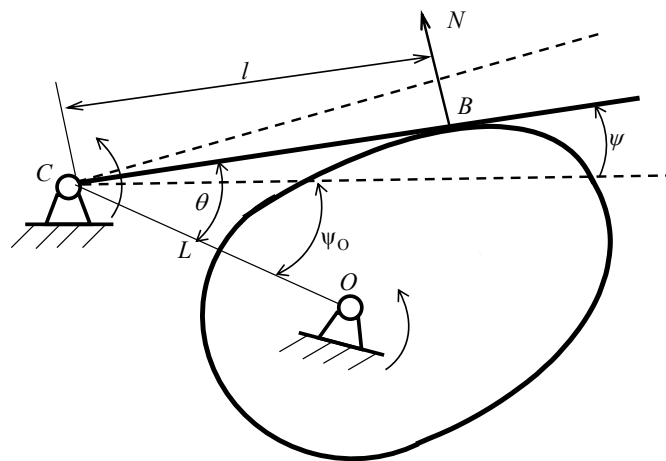


Рис. 2

В этом случае зависимость для определения удельного давления примет вид:

$$q = 0,418 \sqrt{\frac{E}{b} \frac{\Sigma M_c}{l \rho}}.$$

Из приведенной зависимости следует, что удельное давление в определенной степени зависит от расстояния  $l$  и радиуса кривизны профиля кулачка  $\rho$ . Определению зависимостей для определения длины толкателя  $l$  и радиуса кривизны профиля кулачка  $\rho$  и была посвящена данная работа.

Заменим кулачковый механизм эквивалентным ему кулисным механизмом (рис. 3). Пусть точка  $M$  будет центром кривизны профиля кулачка в точке  $K$ . Совместим с точкой  $M$  точку  $N$  коромыслового толкателя. Построим повернутый план скоростей в масштабе  $\mu_v = \omega$  для заменяющего механизма.

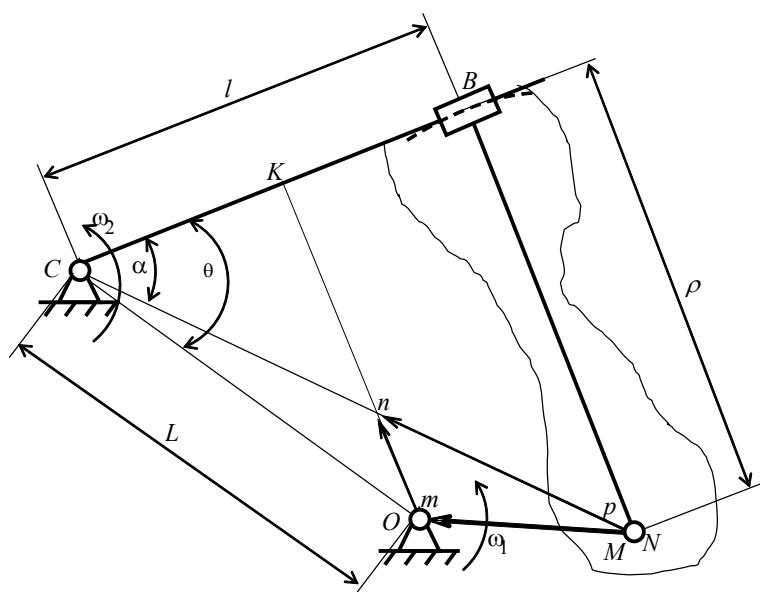


Рис. 3

Абсолютная скорость точки  $N$ , равная  $V_N = CN\omega_2$ , будет изображаться отрезком  $pn$  и может быть определена из плана скоростей как  $V_N = pn\omega_1$ . Приравнивая правые части, получаем:

$$CN\omega_2 = pn\omega_1, \quad \frac{pn}{CN} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{d\psi}{dt\omega_1} = \frac{d\psi}{d\varphi}.$$

Используя теорему подобия, находим

$$\frac{pn}{CN} = \frac{KB}{CB} = \frac{CB - CK}{CB} = \frac{l - L \cos \theta}{l} = \frac{d\psi}{d\varphi}, \quad \text{откуда } l = L \frac{\cos \theta}{1 - \frac{d\psi}{d\varphi}}.$$

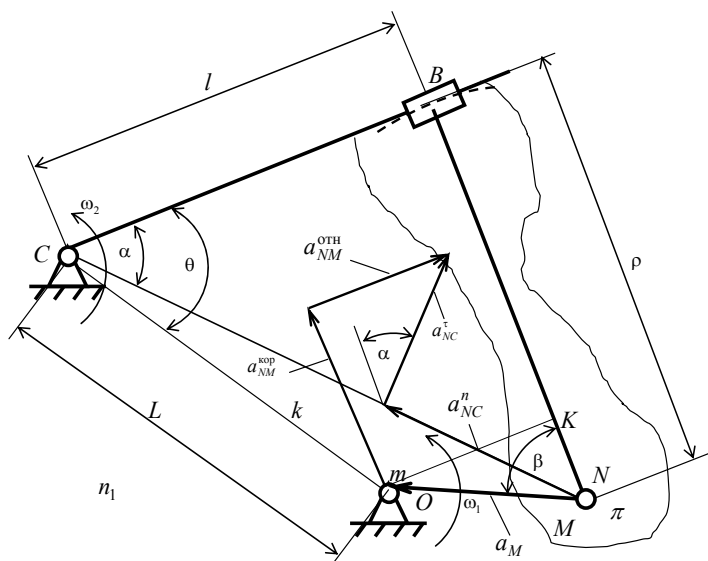


Рис. 4

Для определения радиуса кривизны профиля кулачка в точке контакта использовали план ускорений заменяющего кулисного механизма, построенный в масштабе  $\mu_a = \omega_1^2$  (рис. 4) по векторному уравнению:  $\vec{a}_N = \vec{a}_M + \vec{a}_{NM}^{\text{kop}} + \vec{a}_{NM}^{\text{отн}} = \vec{a}_N^n + \vec{a}_{NM}^{\tau}$ .

Учитывая, что  $a_M = OM\omega_1^2$ ;  $a_{NM}^{\text{kop}} = 2V_{NM}\omega_2$ ;  $a_N^n = CN\omega_2^2$  и  $a_N^{\tau} = CN\varepsilon_2$ , после преобразований получили зависимость для определения радиуса кривизны  $\rho$

$$\rho = L \frac{\frac{d^2\psi}{d\varphi^2} \cos \theta + \left(1 - \frac{d\psi}{d\varphi}\right) \left(1 - 2 \frac{d\psi}{d\varphi}\right) \sin \theta}{\left(1 - \frac{d\psi}{d\varphi}\right)^3}.$$

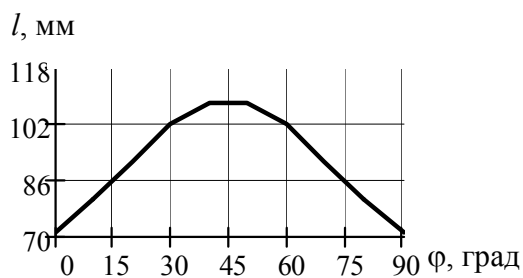


Рис. 5

Полученные зависимости для определения величин  $l$  и  $\rho$ , позволили изучить влияние различных параметров на их значения и в целом на величину удельного давления  $q$ . Так, например, на рис. 5 показана зависимость изменения величины  $l$  от угла поворота кулачка при косинусоидальном законе движения толкателя.

## ПОСТРОЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СТАНА ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ

Е. В. Хазеев, А. А. Чижик

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

Научный руководитель С. Ф. Андреев

Типичным представителем применяемых в металлургическом производстве тяжелых машин с упругими звеньями являются главные линии прокатных станов холодной прокатки труб (ХПТ), обеспечивающие передачу усилия от электропривода через элементы приводного механизма к рабочей клетке, в которой происходит захват, повороты и прокатка заготовки. На рис. 1 показана структурная схема компоновки узлов стана ХПТ.

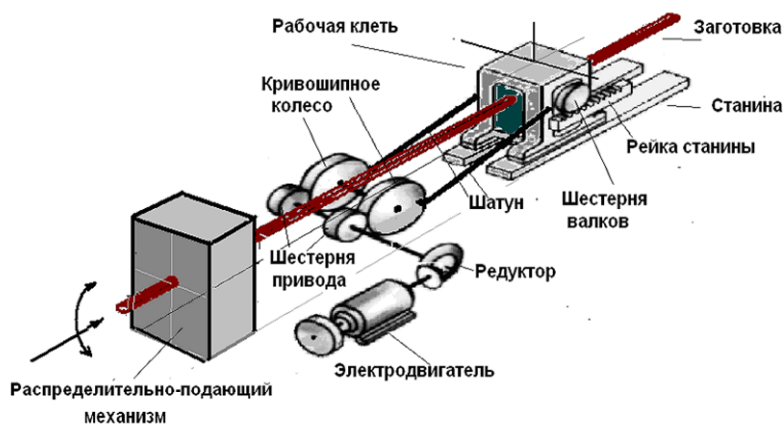


Рис. 1. Компоновка узлов стана ХПТ

Через трубу-заготовку, поступившую на линию прокатки со стола загрузки, пропускается стержень с оправкой. Заготовка вместе с оправкой распределительно-подающим механизмом подается в зону действия рабочей клетки. Движение рабочей клетки обеспечивается спаренным кривошипно-шатунным механизмом от главного электродвигателя. Вдоль станины установлены неподвижные зубчатые рейки, входящие в зацепление с ведущими шестернями на валках. При этом валки получают возвратно-вращательное движение. Прокатка заготовки происходит во время прямого и обратного движения клетки вдоль неподвижных направляющих на станине. Поворот трубы обеспечивает более равномерный ее износ, он необходим для равномерного ее обжатия и совершается за каждый ход клетки примерно на 60°. Готовая труба, выходя из переднего патрона, попадает на стол выдачи готовых труб.

### Постановка задачи

С целью обеспечения максимальной производительности работы стана оператор устанавливает максимально возможную скорость вращения главного привода, что приводит, как правило, к возникновению вибраций. Нагрузки, возникающие в упругих связях при вибрации, будем в дальнейшем называть динамическими нагрузками.

### Актуальность

Вопросы о проблемах вибраций в прокатных станах впервые рассмотрены в работе [1] и в последовавших за ней многочисленных зарубежных исследованиях [2].

Расчет динамических характеристик и устранение причин угловых колебаний рабочей клетки представляет на сегодняшний день актуальную задачу.

#### Динамическая модель

Причиной возникновения угловых колебаний клетки при нестационарном режиме работы является податливость кривошипного вала и значительные массы деталей приводного механизма. При одностороннем приложении крутящего момента от двигателя к ведущему кривошипу оба кривошипных колеса смещаются друг относительно друга на некоторый фазовый угол – угол закручивания  $\vartheta$  вала. Упругая деформация кривошипного вала приводит к несимметричности подвода силового потока к рабочей клетке, т. е. к неравномерному распределению нагрузки между шатунами.

По условиям прокатки кривошипный вал располагают несколько ниже оси прокатки, что соответствует дезаксиальной схеме кривошипно-шатунного механизма. Такая схема свойственна большинству конструкций станков ХПТ. На рис. 2 представлена динамическая модель для расчета угловых колебаний рабочей клетки прокатного стана.

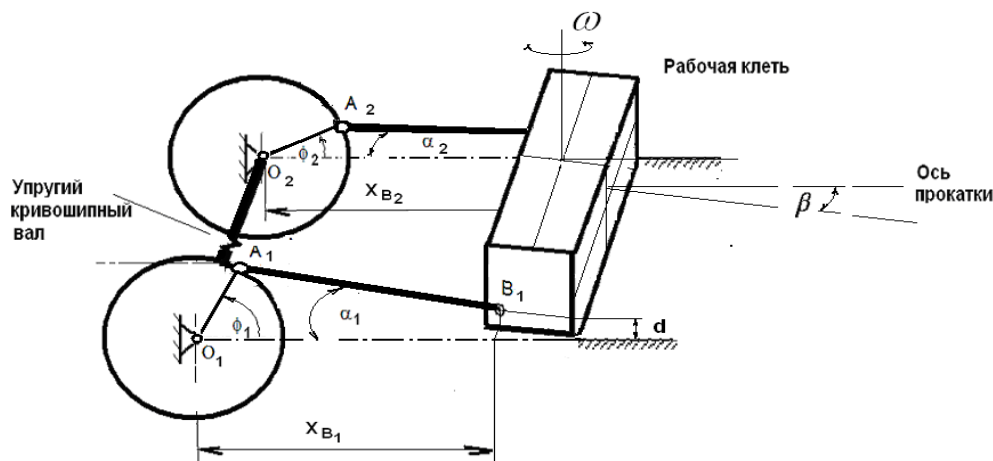


Рис. 2. Динамическая модель угловых колебаний рабочей клетки

Момент сил упругости на кривошипном валу может быть представлен линейной функцией  $M_y(\varphi_1, \varphi_2) = c(\varphi_2 - \varphi_1) = c\vartheta$ . Здесь  $c$  – жесткость вала,  $\vartheta = \varphi_2 - \varphi_1$  – деформация кручения.

Главная линия прокатного стана нагружается усилиями прокатки и электромагнитным моментом двигателя. На рис. 3, а представлен безразмерный график изменения используемого в расчетах движущего момента  $M_o(\varphi_1)$  в периоды разгона, установившегося движения и остановки электродвигателя.

Рабочая клетка воспроизводит достаточно сложную зависимость изменения сил технологического сопротивления при захвате и повороте заготовки. Безразмерный график усилий, действующих на клетку за цикл операций подачи, прокатки и поворота трубы, показан на рис. 3, б.



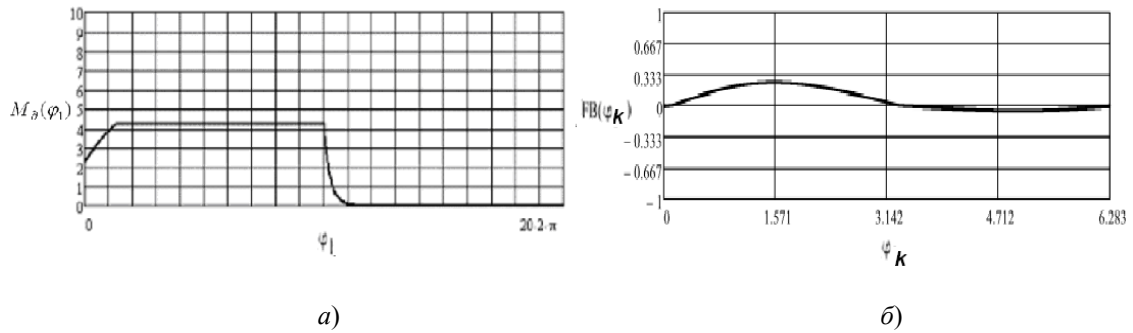


Рис. 3. Графики:

*a* – изменения движущего момента  $M_\delta(\varphi_1)$ ; *б* – усилий, действующих на клеть

Математическая модель механической системы с двумя степенями свободы представлена системой двух дифференциальных уравнений. Эти уравнения выводятся из двух уравнений Лагранжа второго рода

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \omega_k} - \frac{\partial T}{\partial \varphi_k} = Q_k, \quad k = 1, 2, \quad (1)$$

где  $T$  – кинетическая энергия механизма привода;  $\omega_1, \omega_2, \varphi_1, \varphi_2$  – обобщенные угловые скорости и угловые перемещения;  $Q_1, Q_2$  – обобщенные силы.

Выводим формулы для вычисления приведенных моментов инерции:

$$J_{Bk}^*(\varphi_k) = m_{Bk} (\check{v}_{Bk}(\varphi_k))^2 \text{ и}$$

$$\begin{aligned} J_{AB}^*(\varphi_k) = & m_{AB} \left( OA + \frac{1}{2} \bar{\omega}_{ABk}(\varphi_k) \right)^2 + \\ & + m_{AB} [OA \cdot AB \cdot \bar{\omega}_{ABk}(\varphi_k) (\sin(\varphi_k) \sin(\alpha_k(\varphi_k)) - \cos(\varphi_k) \cos(\alpha_k(\varphi_k)))] + \\ & + \frac{1}{2} J_{AB} (\bar{\omega}_{AB}(\varphi_k))^2; \end{aligned}$$

где  $\bar{\omega}_{ABk}(\varphi_k) = \frac{d}{d\varphi_k} [\alpha_k(\varphi_k)]$ ;  $\check{v}_{Bk}(\varphi_k) = OA \sin(\varphi_k) - AB \frac{d}{d\varphi_k} [\alpha_k(\varphi_k)] \sin(\alpha_k(\varphi_k))$  – аналоги угловой скорости шатуна и скорости точек  $B_k$ ;  $\alpha_k(\varphi_k) = \left[ \arcsin \left( \frac{OA \sin(\varphi_k) - d}{AB} \right) \right]$  – функции положения шатунов.

Находим правые части дифференциальных уравнений:

$$Q_k^*(\varphi_1, \varphi_2, \omega_k) = \frac{1}{J^*(\varphi_k)} \left[ \left( \begin{matrix} M_\delta(\varphi_1) \\ 0 \end{matrix} \right) \mp M_y(\varphi_1, \varphi_2) - \frac{F_{Bk}(\varphi_k) \cdot \check{v}_{Bk}(\varphi_k)}{\omega_k} - \frac{1}{2} \frac{dJ^*(\varphi_k)}{d\varphi_{k1}} \omega_k \right].$$

Графики угловых перемещения и угловых скоростей рабочей клетки для различных возрастающих значений коэффициента жесткости вала показаны на рис. 4.

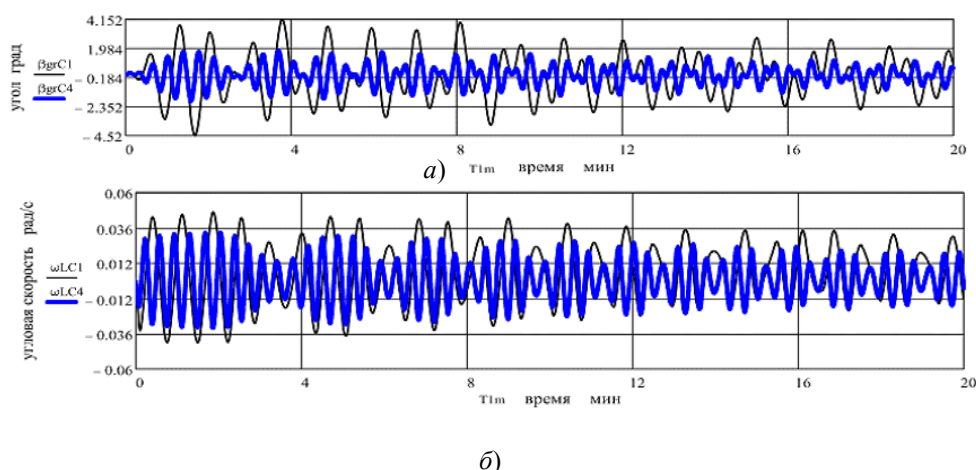


Рис. 4. Графики угла рысканья и угловой скорости рабочей клетки

Из графиков следует, что уменьшение жесткости вала приводит к дополнительным динамическим нагрузкам элементов привода клетки, что препятствуют повышению быстроходности и, следовательно, производительности стана ХПТ.

#### Литература

1. Автоколебания в стане холодной прокатки / Г. Э. Аркулис [и др.] // Сталь. – 1972. – № 8. – С. 727–728.
2. Конструкция, ремонт и обслуживание станов холодной прокатки труб / Л. А. Кондратьев [и др.]. – М. : Металлургия, 1994.

## СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСАМИ С АДАПТАЦИЕЙ К НАГРУЗКЕ

А. С. Матвеевков

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

Научный руководитель Д. Л. Стасенко

Широкое совмещение рабочих операций при обеспечении регулируемых стабильных скоростей рабочих органов вне зависимости от нагрузки, а также возможность подведения всей мощности первичного приводного двигателя к отдельным исполнительным гидродвигателям осуществляется в современных мобильных машинах и высокотехнологическом оборудовании посредством использования гидравлических систем, работающих на принципе «чувствительный к нагрузке» (LS–Load Sensing).

Данные системы создают подачу давления только по запросу и в количестве, необходимом для выполнения рабочих функций, ускоряя и упрощая тем самым рабочий процесс. Повышение динамики всех подвижных частей гидропривода существенно увеличивает общий КПД системы, снижает уровень энергетических потерь, что в свою очередь положительно влияет на экономическую эффективность оборудования.

Целью работы является сравнение характеристик LS-регуляторов гидронасосов.

Рассмотрим принципы работы насосов с LS-управлением от двух известных фирм.

На рис. 1 представлен насос фирмы Денфос (Danfoss), серия 45. Это компактная система переменной производительности обеспечивает непрерывное изменение расхода от нуля до максимального значения, имеет высокую удельную мощность. Изменение производительности возможно за счет наклонной шайбы.

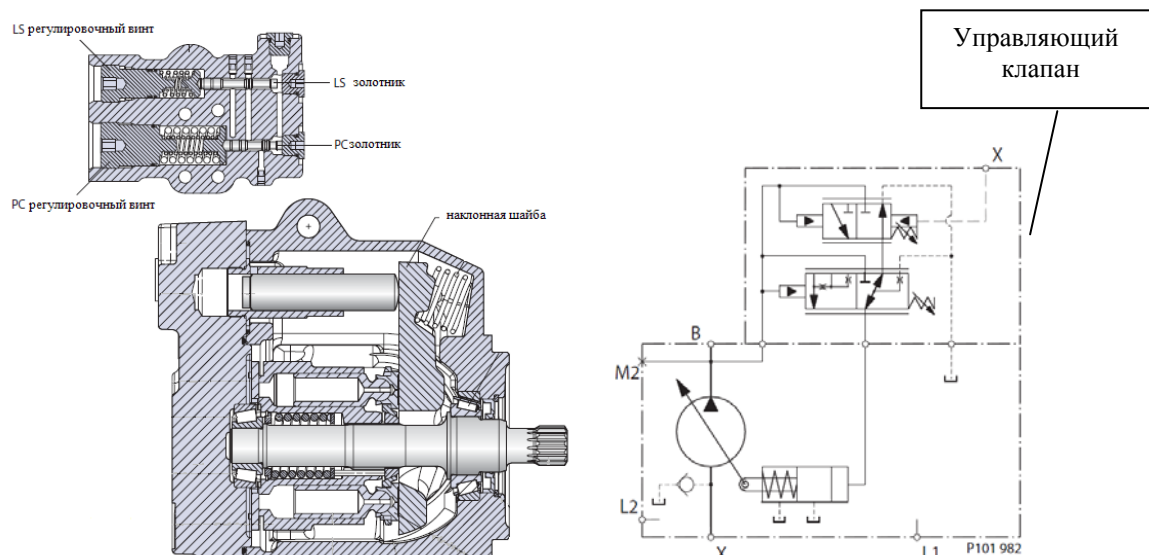


Рис. 1. Насос с LS-регулированием фирмы Danfoss и принципиальная схема

В центральном положении управляющего клапана жидкость дренируется через порт LS на насосе в резервуар через сливной дроссель, находящийся либо на управляющем клапане, либо в системе управления насосом. Таким образом, происходит управление резервным давлением на выходе насоса, где установлен датчик нагрузки. При срабатывании управляющего клапана порт LS (выход X, рис. 1) соединяется с линией давления нагрузки. Система устанавливает расход на выходе насоса таким образом, чтобы поддерживать постоянный перепад давления в управляющем клапане, равный установке датчика нагрузки. Клапан компенсации давления (РС) встроен в LS-систему управления. Когда давление на выходе насоса достигает значения, установленного компенсатором давления, происходит уменьшение объемной производительности насоса, для ограничения давления в системе.

Время реакции (хода нет)/восстановление (ход есть) представлено в табл. 1.

Таблица 1

Время реакции/восстановления системы LS

Реакция, мс	30
Восстановление, мс	80

В аксиально-поршневых насосах Bosch-Rexroth A4VSO с LS-регулятором (рис. 2) используется цилиндр, при помощи которого выполняется изменение наклона шайбы, с регулируемым ходом и регулируемой нагрузкой возвратной пружины, что позволяет LS-регулятору работать в большом диапазоне давлений и поддерживать на постоянном уровне объемный расход насоса, т. е. на регулирование подачи также оказывает влияние механически настраиваемый регулятор давления.

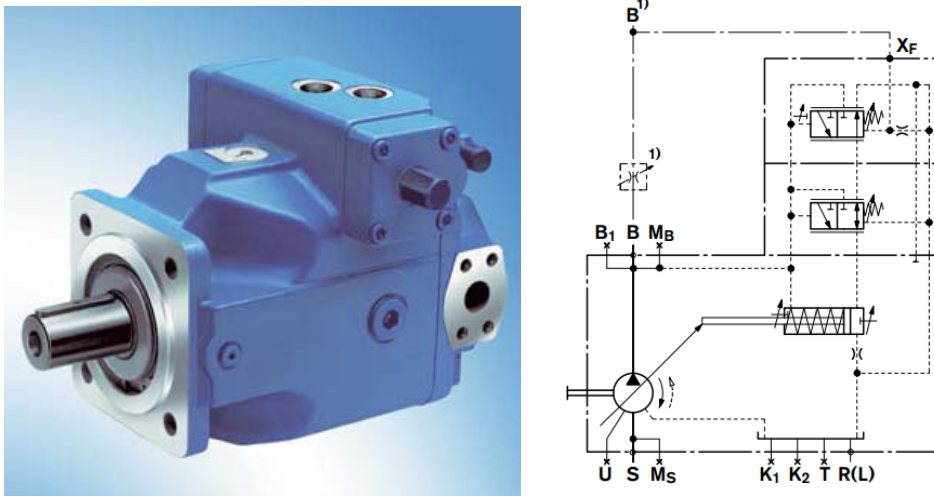


Рис. 2. Принципиальная схема насоса с LS-регулятором фирмы Bosch-Rexroth

Представленные насосы с LS-регуляторами можно сравнить по трем доступным показателям: диапазону регулирования LS- и PC-компенсаторов и отклонению давления. Данные показатели (табл. 2) определяются по гидравлическим характеристикам гидромашин (рис. 3, 4).

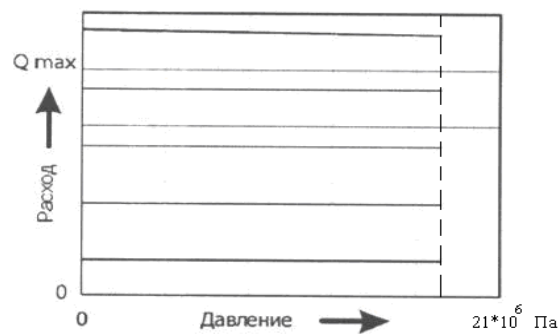


Рис. 3. Гидравлическая характеристика системы управления с компенсатором давления фирмы Данфос (Danfoss), серия 45

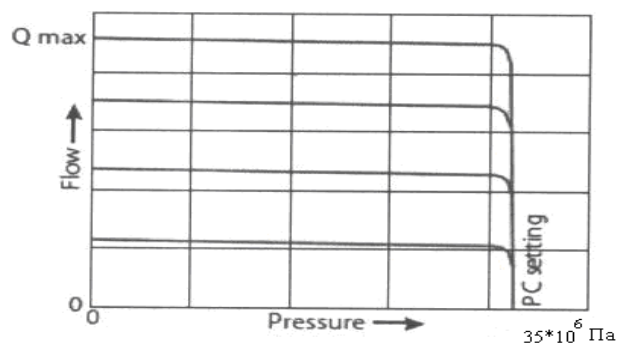


Рис. 4. Гидравлическая характеристика системы с LS управления фирмы Bosch-Rexroth A4VSO

Таблица 2

## Показатели насосов с LS-регулированием

Параметры	Производители насосов с LS-регулированием	
	Danfoss	Bosch-Rexroth
РС-регулятор, МПа	10–21	5,0–35
LS-регулятор, МПа	1,2–4	1,4–2,2
Отклонение давления, МПа	0,4	0,3

**Заключение**

Из показателей работы насосов с LS-регуляторами (табл. 2) видно, что регуляторы фирмы Danfoss работают при небольших давлениях до 21 МПа, что характерно для широкой гаммы технологического оборудования. Давление регуляторов Bosch-Rexroth (до 35 МПа) характерно для рабочих давлений большинства мобильных машин, таким образом можно их рекомендовать для использования в указанном типе оборудования.

Анализ LS-регуляторов и характеристик насосов указанных производителей показал, что регулятор Bosch-Rexroth имеет преимущество перед регулятором Денфос по диапазону регулирования давлений РС-регулятора, что позволяет использовать его как в мобильных, так и в технологических машинах. Также у этого регулятора низкое значение отклонения давления, от давления настройки – 0,3 МПа, хотя по параметрам LS-компенсатора он незначительно хуже.

**Литература**

1. Аксиально-поршневые насосы, техническая информация, Sauer Danfoss, 2010.
2. Каталог HY02-8001/RU, Parker, 2011.
3. Технический паспорт для регулируемых насосов A4VSO и A4VSG серии 1 и 3 для незамкнутых и закрытых гидросистем, Bosch Rexroth, 2010.

**АНАЛИЗ ЗАРУБЕЖНЫХ КЛАССИФИКАЦИЙ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

**А. А. Веко**

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

Научный руководитель Ю. А. Андреевец

Одно из основных требований при проектировании гидросистем – это использование оборудования отечественных производителей. Рабочая жидкость – одна из основных составляющих гидросистем, она определяет надежность и долговечность работы гидроприводов. Некоторые гидроустройства зарубежного производства не имеют аналогов и применяются в технологическом оборудовании и мобильных машинах, производимых в Республике Беларусь, таким образом, возникла необходимость привести в соответствие классификацию рабочей жидкости отечественных и зарубежных производителей.

Критерием для установления классификации в международной практике принята область применения продукции, а при определенных обстоятельствах, когда этот критерий нельзя применить, классификацию проводят по видам продукции.

Многие производители техники предъявляют дополнительные требования к используемым продуктам, в частности маслам, которые применяются в их двигателях,

и принимают на себя гарантию только в том случае, если при эксплуатации техники использовался продукт, соответствующий конкретной спецификации. С этой целью некоторые производители составляют реестры, в которых перечисляют все проверенные и апробированные ими продукты.

Международный стандарт ИСО 8681 отражает общую классификацию нефтепродуктов и смазочных материалов.

По назначению все нефтепродукты делятся на следующие виды (рис. 1).



Рис. 1. Классификация нефтепродуктов по назначению

Международная классификация, как правило, базируется на национальных классификациях организаций:

ACEA – Ассоциация европейских изготовителей автомобилей;

API – Американский институт нефти;

ASTM – Американская ассоциация испытаний и материалов;

ATC – Технический комитет изготовителей присадок к нефтепродуктам в Европе;

ATIEL – Техническая ассоциация европейских производителей смазочных материалов;

CEC – Европейский координационный Совет по разработке методов испытаний смазочных материалов и топлив для двигателей (Европейский координационный совет);

DIN – Немецкие промышленные нормы;

ILSAC – Международный комитет по стандартизации и одобрению смазочных материалов;

ISO – Международная ассоциация по стандартизации;

SAE – Общество инженеров-автомобилистов;

ГОСТ 17479.1–85 – Стандарт отечественных моторных масел.

Проведем анализ данных классификаций для моторного масла, так как его производство составляет около 60 % объема всех нефтепродуктов.

Классификация Ассоциации европейских автопроизводителей (ACEA) характеризуется более жесткими требованиями к качеству масел. Это связано с тем, что в Европе специфичные условия эксплуатации автомобилей и несколько иные конструкции двигателей, кроме того характеризует работу моторного масла в режимах высоких температур.

Классификация Американского института нефтепродуктов (API) позволяет подобрать масло для автомобиля в зависимости от года его изготовления, ориентиро-

вана на автомобили, произведенные в Америке. Причем эта классификация постоянно пополняется новыми классами.

Для горюче-смазочных материалов, производимых в США и Японии, применяется классификация по ILSAC – стандарты качества автомасел для бензиновых моторов легковых автомобилей. При этом масло тестируется по ряду параметров, среди которых – вязкость, летучесть, склонность к пенообразованию, фильтруемость при низких температурах. Данную классификацию рассматривают как подкласс в API.

Стандарт общества инженеров-автомобилистов Америки (SAE) основывается на вязкостных характеристиках, он устанавливает, к какому диапазону показателей вязкости относится моторное масло.

Класс SAE сообщает потребителю диапазон температуры окружающей среды, в котором масло обеспечит:

- 1) проворачивание двигателя стартером (для зимних и всесезонных масел);
- 2) прокачивание масла масляным насосом по смазочной системе двигателя под давлением при холодном пуске в режиме, не допускающем сухого трения в узлах трения (для зимних и всесезонных масел);
- 3) надежное смазывание летом при длительной работе в максимальном скоростном и нагрузочном режиме (для летних и всесезонных масел).

В основу российской системы обозначений моторных масел, предусмотренной ГОСТ 17479.1–85 «Масла моторные. Классификация и обозначение», положены сведения о принадлежности масла к одному из классов вязкости и группе эксплуатационных свойств. ГОСТ разделяет масла в зависимости от величины кинематической вязкости при различных температурах на следующие вязкостные классы:

- летние масла – 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24;
- зимние масла – 3<sub>з</sub>, 4<sub>з</sub>, 5<sub>з</sub>, 6<sub>з</sub>, 6, 8;
- всесезонные масла обозначаются дробным индексом (например, 5<sub>з</sub>/12, 6<sub>з</sub>/14 и т. д.).

Основные показатели для классификации масел по ГОСТ 17479.1–85 – тип двигателя, эксплуатационные условия, форсирование двигателя, по которым масла разделяются на эксплуатационные группы, обозначаемые заглавными буквами.

В результате проведенного анализа можно представить соответствие моторных масел зарубежного и отечественного производителя в виде таблицы.

#### Соответствие классов вязкости и групп моторных масел по ГОСТ 17479.1–85 и классификациям SAE, API и ACEA

Класс вязкости		Группа масла		
ГОСТ 17479.1–85	SAE	по ГОСТ 17479.1–85	по API	по ACEA
3 <sub>з</sub>	5W	A	SB	A1-96
4 <sub>з</sub>	10W	B	SC/CA	A1-96
5 <sub>з</sub>	15W	B1	SC	A1-98
6 <sub>з</sub>	20W	B2	CA	A2-96
6	20	B	SD/CB	A3-96
ГОСТ 17479.1–85	SAE	по ГОСТ 17479.1–85	по API	A3-98
8	20	B1	SD	B1-96
10	30	B2	CB	B1-99
12	30	Г	SE/CC	B2-96
14	40	Г1	SE	B2-98

Окончание

Класс вязкости		Группа масла		
ГОСТ 17479.1–85	SAE	по ГОСТ 17479.1–85	по API	по ACEA
16	40	Г2	CC	B3-96
20	50	Д1	SF	B3-98
24	60	Д2	CD	B4-96
3з/8	5W-20	E1	SG	E1-96
4з/6	10W-20	E2	CF-4	E2-96
4з/8	10W-20	–	SH; SJ; CG-4	E3-96
4з/10	10W-30		(эти классы API не имеют аналогов в отечественной классификации)	E4-99
5з/10	15W-30		–	–
6з/10	15W-30		–	–
6з/14	20W-30		–	–
6з/16	20W-40		–	–

Следовательно, большинство марок масел зарубежного производителя имеют аналоги отечественного производства.

#### Литература

1. Режим доступа: <http://fb.ru/article/167550/motornoe-maslo-markirovka-opisanie-klassifikatsiya-chto-oznachaet-markirovka-motornyih-masel>.
2. Режим доступа: <http://www.autolub.info/class/acea.shtml>.
3. Режим доступа: <http://www.avtonov.svoi.info/oilsyst.html>.
4. Режим доступа: <http://www.avtonov.svoi.info/oilsyst.html>.
5. Режим доступа: <http://www.autodux.ru/oil/gost.html>.
6. Режим доступа: [http://nnnks.narod.ru/Exp\\_mat/Str/Page\\_3.html](http://nnnks.narod.ru/Exp_mat/Str/Page_3.html).
7. Режим доступа: <http://www.lada110atricom.ru/index.php?content=texts&id=7>.

### АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ФИРМЫ «АСКОН» ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА

**И. А. Величkevич**

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

Научный руководитель А. В. Петухов

Одной из актуальных проблем для современных предприятий является обеспечение надежного управления всем объемом разнородных данных, которые порождаются, хранятся и используются в различных автоматизированных системах, связанных с информационной поддержкой продукции в течение ее жизненного цикла.

В ряду компаний, применяющих принципы комплексной автоматизации проектирования и производства, особое место занимает компания «АСКОН», созданная в 1987 г. сотрудниками НИИ авиационных технологий (НИАТ). В начале XXI в. для совместного использования разработанных компанией систем автоматизированного проектирования был создан программный продукт ЛОЦМАН:PLM, отвечающий главному условию информационной поддержки жизненного цикла изделия, а именно полной интеграции всех компонент, входящих в систему.



На этапе конструкторской подготовки производства в ЛОЦМАН:PLM определяется укрупненный состав разрабатываемого изделия в виде перечня основных узлов, представленный в виде дерева (рис. 1).

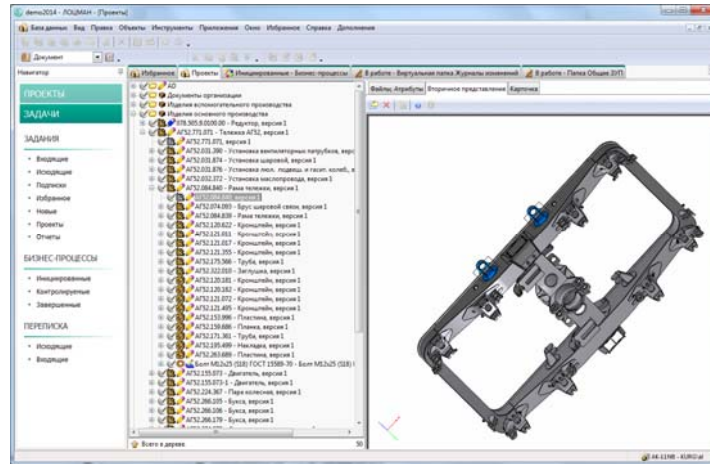


Рис. 1. Представление структуры изделия

Вокруг структуры изделия аккумулируются календарные планы работ, чертежи и спецификации, модели и атрибуты, эксплуатационная и ремонтная документация, нормы материалов и времени, техпроцессы и маршруты, сведения о заготовках, бизнес-процессах и многое другое.

Для организации обмена заданиями и контроля выполнения работ в конструкторско-технологических подразделениях создается схема информационных потоков предприятия.

В эту схему (шаблон будущего процесса) вводятся участники (конструкторы, технологи, нормировщики, начальники групп и отделов, главный конструктор и т. д.). Для них назначаются задания, сроки их выполнения и направления движения информации (рис. 2).

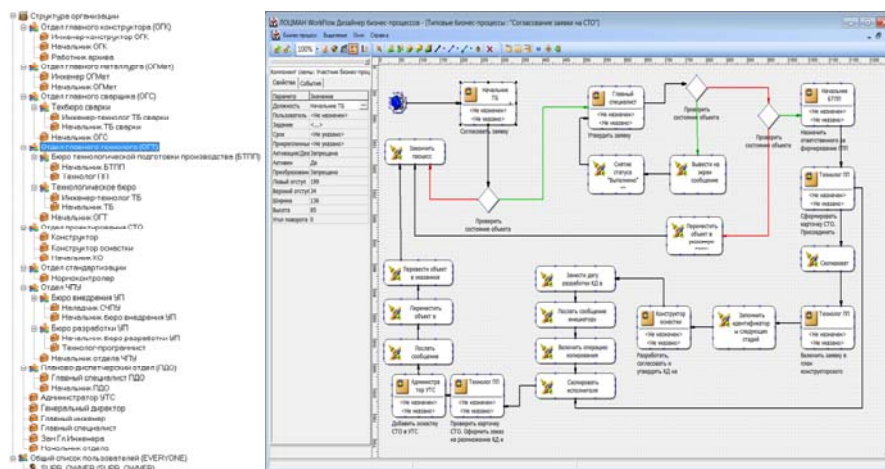


Рис. 2. Управление процессами

Технологические процессы изготовления изделий разрабатываются при помощи САПР технологических процессов ВЕРТИКАЛЬ (рис. 3).

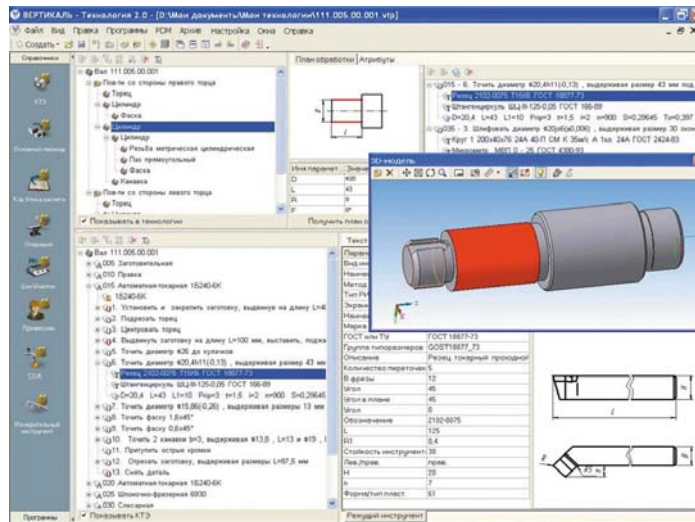


Рис. 3. Разработка технологических процессов

Спроектированный техпроцесс сохраняется в ЛОЦМАН:PLM в виде объектной модели и привязан к тому изделию, для которого был разработан (рис. 4).

Для проектирования средств технологического оснащения и разработки программ для станков с ЧПУ предлагаются типовые шаблоны процессов и специализированные модули. Максимальная эффективность достигается при совместном использовании ЛОЦМАН:PLM и САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ (рис. 5).

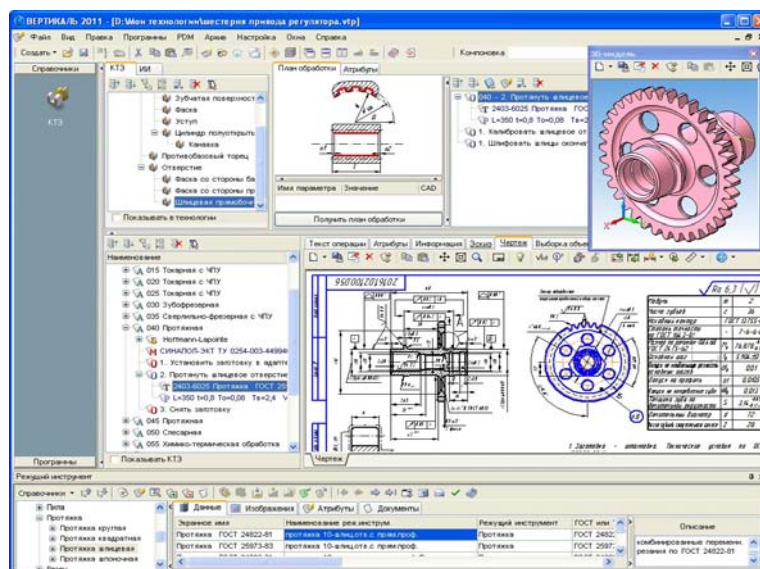


Рис. 4. Взаимосвязь обрабатываемых элементов конструкции детали с технологическими переходами и оснасткой на примере шлицевого отверстия

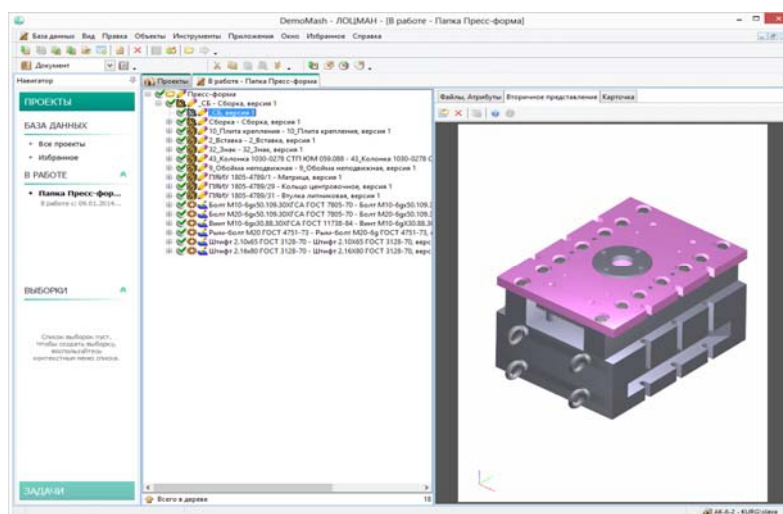


Рис. 5. Проектирование оснастки и разработка программ ЧПУ

Ключевыми особенностями ЛОЦМАН:PLM являются:

- встроенная специализированная система планирования и управления подготовкой производства;
- наличие интерфейсов, обеспечивающих доступ к данным ЛОЦМАН:PLM из КОМПАС-3D, ВЕРТИКАЛЬ и прочих компонентов комплекса решений АСКОН;
- учет конструкторско-технологической и организационно-распорядительной документации в рамках единого интерфейса и многое другое.

## ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЗУБЬЕВ ШЕСТЕРЕННЫХ НАСОСОВ НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ И ВЕЛИЧИНУ ПУЛЬСАЦИИ ПОДАЧИ

С. А. Малкова

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

Научный руководитель Ю. А. Андреев

Современные тенденции проектирования объемных гидромашин в целом и шестеренных гидромашин в частности основаны на уменьшении габаритных размеров гидромашин с одновременным увеличением рабочего давления. Пульсация подачи жидкости приводит к пульсации давления, что ограничивает повышение его значения.

Рассмотрим влияние количества зубьев шестеренных насосов на геометрические размеры и величину пульсации подачи на примере наиболее распространенной конструкции насос типа НШ (рис. 1).

Для расчета используем основные технические характеристики насоса типа НШ-32:

Рабочий объем, см <sup>3</sup>	31,7
Номинальное/максимальное давление, МПа	10/13,5
Число оборотов, об/мин	1100–1650
Объемный КПД	0,92
Масса, кг	6,7
Число зубьев	8

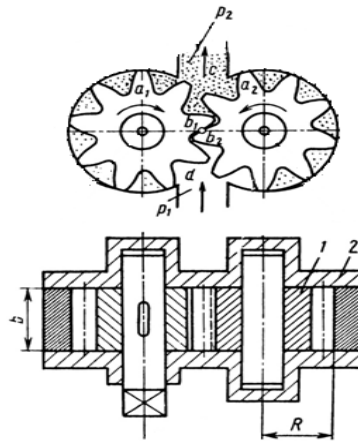


Рис. 1. Шестеренный насос:  
1 – корпус; 2 – крышка

Теоретическая подача шестеренного насоса рассчитывается по формуле [2]:

$$Q_T = 2\pi n m^2 (z+1), \quad (1)$$

где  $z$  – число зубьев;  $b$  – ширина зуба;  $n = \frac{\omega}{2z}$  – частота вращения шестерен;  $m$  – модуль зубчатого колеса, рассчитывается по формуле

$$m = \frac{D_3}{(z+2)}, \quad (2)$$

где  $D_3$  – диаметр зубьев.

Подставив выражение (2) в (1) и выразив диаметр по внешней окружности зубьев  $D_3$ , получим формулу

$$D_3 = (z+2) \sqrt{\frac{Q_T}{2\pi n b (z+1)}}. \quad (3)$$

Изменяя количество зубьев – 8; 12; 18, получаем следующие значения диаметров (рис. 2).

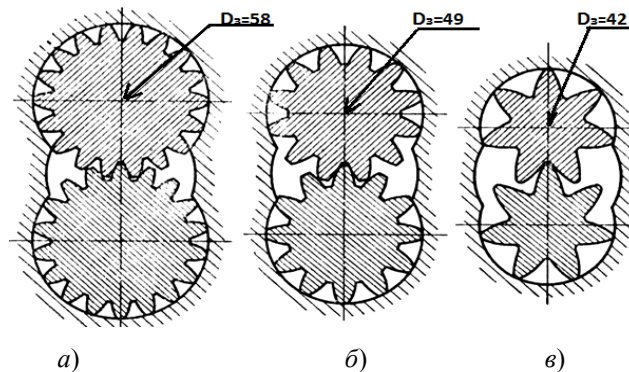


Рис. 2. Зависимость габаритных размеров от количества зубьев:  
а – 18; б – 12; в – 8

Следовательно, для уменьшения габаритов насоса число зубьев желательнее выбирать при всех прочих равных условиях, возможно, меньшим, а модуль – большим.

Текущая подача жидкости шестеренным насосом носит пульсирующий характер и пульсация подачи повторяется при повороте шестерни на угол, соответствующий одному шагу (за один оборот происходит число колебаний, равное числу зубьев ведущей шестерни).

Форма периодической кривой пульсации зависит от ряда факторов и в первую очередь от коэффициента  $\tau$  перекрытия и давления жидкости. Коэффициент неравномерности потока (отношение максимальной амплитуды пульсации к среднему значению) шестеренного насоса с цилиндрическим эвольвентным зацеплением для шестерен с коэффициентом перекрытия  $\tau = 1$  определяется по выражению [2]. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем:

$$\delta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_{cp}} 100 = \frac{2}{z + 1} 100 \%. \quad (4)$$

Подставляя выбранные числа зубьев 18; 12; 8, получим числовые значения неравномерности пульсации подачи.

- при  $z = 18$   $\delta = 10,5 \%$ ;
- при  $z = 12$   $\delta = 15 \%$ ;
- при  $z = 8$   $\delta = 22 \%$ .

Исходя из этого можем сделать вывод, что с уменьшением числа зубьев шестерен насоса пульсация подачи рабочей жидкости возрастает почти в два раза. Но при снижении числа зубьев снижается их прочность. Следовательно, выбор количества зубьев нужно производить для каждого насоса индивидуально, исходя из требований эксплуатации.

#### Л и т е р а т у р а

1. Андреевец, Ю. А. Объемные гидро- и пневмомашинны : пособие по одноим. курсу для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» днев. и заоч. форм обучения / Ю. А. Андреевец. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 96 с.
2. Башта, Т. М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем : учеб. для вузов по специальности «Гидропневмоавтоматика и гидропривод» / Т. М. Башта. – М. : Машиностроение, 1974. – 606 с.
3. Гидравлика, гидромашинны и гидроприводы : учеб. для машиностроит. вузов / Т. М. Башта [и др.]. – 2-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1982. – 423 с.

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ПРИПУСКОВ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУБД MS ACCESS**

**Д. Е. Стасев**

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

Научный руководитель В. С. Мурашко

Одним из основных этапов проектирования технологического процесса изготовления детали является выбор вида заготовок, определение их размеров и припусков.

Припуск – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали. Существуют следующие

методы расчета припусков: опытно-статистический, расчетно-статистический и расчетно-аналитический [1].

Расчет припусков на механическую обработку наружных поверхностей различных деталей (корпусов, плит, валов и др.) ведется расчетно-аналитическим методом. Данный метод для назначения припусков является самым точным и зачастую трудоемким. В связи с этим для назначения припусков на поверхности деталей производят табличным либо расчетно-табличным методами.

Цель данной работы – автоматизировать расчет припусков на механическую обработку наружных поверхностей.

Для расчета припусков на обработку наружных поверхностей необходимо соблюдать следующие этапы:

1. Пользуясь рабочим чертежом детали и картой технологического процесса механической обработки, записать в расчетную карту обрабатываемые элементарные поверхности заготовки и технологические переходы обработки в порядке последовательности их выполнения по каждой элементарной поверхности от черновой заготовки до окончательной обработки.

2. Записать значения высоты микронеровностей  $R_z$ , глубины дефектного слоя  $T$ , пространственного отклонения формы  $\rho$ , погрешности установки  $\varepsilon$ , допуска  $\delta$ .

3. Определить расчетные минимальные припуски на обработку по всем технологическим переходам.

4. Записать для конечного перехода наименьший предельный размер детали по чертежу.

5. Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер прибавлением к наименьшему предельному размеру по чертежу расчетного припуска.

6. Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода.

7. Записать наименьшие предельные размеры по всем технологическим переходам.

8. Определить наибольшие предельные размеры прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному размеру.

9. Записать предельные значения припусков как разность наибольших предельных размеров и как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов.

10. Определить общие припуски, суммируя промежуточные припуски на обработку.

В качестве инструментального средства для автоматизации расчет припусков на механическую обработку наружных поверхностей выбрана высокопроизводительная система управления реляционными базами данных Microsoft Access 2003.

Для реализации перечисленных выше этапов первоначально в MS Access была создана база данных «Расчет припуска на механическую обработку наружных поверхностей», состоящая из таблиц, источником данных для которых являются таблицы из [1] и [2]. Таблицы базы данных могут быть как простыми, так и сложными (составными). Сложная таблица представляет собой структуру, состоящую из простых таблиц, объединенных между собой связями. Одним из основных качеств таблиц базы данных является возможность экспортировать и импортировать данные таблиц из одной базы данных в другую. Это дает возможность быстро и удобно дополнять базу данных новой информацией.

Следующим шагом при создании автоматизированной системы является создание форм, на которых будут отражаться два основных блока: ввод данных и обработка данных.

Форма – это панель, на которой расположены различные программируемые элементы (поля, надписи, заголовки, кнопки, рисунки, подчиненные формы, группы переключателей, выключатели и др.). При создании форм необходимо придерживаться простоты управления, чтобы программа была доступна и понятна пользователю, а также наглядности интерфейса.

Все элементы, размещенные на форме, изначально никак не связаны с ней. У каждого элемента есть свои свойства:

– элементы можно связывать с данными таблиц, запросов с помощью макрокоманд и программного кода;

– изменять размеры и переименовывать;

– задавать обработку событий на выполнение каких-либо действий при использовании выражений, макросов и программ (по нажатию кнопки, при открытии формы, получении фокуса, при обновлении и т. д.).

В разработанной системе задействованы различные виды элементов формы, как непосредственно связанных с таблицами напрямую («Поле со списком»), так и через запросы («Кнопки», «Поля», «Подчиненные формы/Отчет»). На обработку событий элементов блока ввода данных написаны как программный код на языке Visual Basic, так и макрокоманды и выражения.

Расчет припусков производится в блоке обработки данных, используя переменные, с помощью которых в дальнейшем производится математическая обработка и формируется общий припуск на наружную поверхность детали.

Вызов главной кнопочной формы при открытии базы данных «Расчет припуска на механическую обработку наружных поверхностей» позволяет пользователю сразу начать работу в среде приложения и приступить к выполнению задачи расчета припуска.

Использовать предлагаемую систему для автоматизированного расчета припусков могут студенты в курсовых и дипломных работах, а также инженеры-технологи.

#### Л и т е р а т у р а

1. Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для машиностроит. специальностей вузов / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск : Выш. шк., 1983. – 255 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1972. – Т. I. – 694 с.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ**

**Н. М. Якубов**

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

Научный руководитель В. С. Мурашко

Повышение требований к точности размеров, формы и расположения поверхностей, качеству поверхностных слоев рабочих элементов деталей машин, к надежности и долговечности работы машин и механизмов вызвало значительное расширение области применения абразивной обработки.

Наиболее распространенным видом абразивной обработки является шлифование, при котором главное движение резания совершает инструмент и оно бывает только вращательным. Шлифование является одним из производительных методов обработки разнообразных поверхностей, особенно тел вращения, резьбовых, шлицевых, зубчатых и др. В шлифовальной обработке абразивный инструмент оказывает большое влияние на качество обработки и производительность процесса.

Элементами режима обработки круглого наружного шлифования являются следующие.

1. Окружная скорость, м/с, шлифовального круга:

$$v_{\text{кр}} = \frac{\pi D n_{\text{кр}}}{1000 \cdot 60},$$

где  $D$  – диаметр круга, мм;  $n_{\text{кр}}$  – число оборотов круга по станку, об/мин.

2. Окружная скорость, м/мин, заготовки:

$$v_3 = \frac{\pi d n_3}{1000},$$

где  $d$  – диаметр заготовки, мм;  $n_3$  – частота вращения заготовки, об/мин.

3. Глубина шлифования (резания) – поперечное перемещение шлифовального круга перпендикулярно к обработанной поверхности за время одного продольного хода (глубина резания, т. е. толщина слоя металла, снимаемого за один рабочий ход, составляет 0,005–0,015 мм при чистовом шлифовании и 0,01–0,025 мм при черновом шлифовании).

4. Продольная подача – путь, пройденный заготовкой (или кругом) параллельно оси вращения круга за одну минуту (мм/мин) или за один оборот шлифуемой заготовки (мм/об).

Целью данной работы является автоматизация расчета режимов резания на круглошлифовальных станках.

Необходимость разработки алгоритма и программы для автоматизации определения режимов резания на круглошлифовальных станках появилась потому, что традиционный поиск справочно-нормативных данных замедляет технологическую подготовку производства, повышает вероятность случайных ошибок при расчете величин, использующих таблицы, заставляет выполнять много рутинной и однообразной работы.

Проанализировав предметную область поставленной задачи [1], был разработан алгоритм автоматизации определения рациональных режимов обработки на круглошлифовальных станках, состоящий из двух основных этапов: ввод исходных данных и расчет режимов резания.

На первом этапе расчета необходимо задаться исходными данными, таким как обрабатываемый материал (сталь, прочный или серый чугун); состояние поверхности заготовки и точность обработки; припуск на сторону и ширина шлифования; количество одновременно работающих шлифовальных кругов; ручной или автоматический цикл обработки.

На втором этапе, с учетом введенных и выбранных параметров, производится обработка полученной информации и, если все удовлетворяет условиям расчета, то рассчитываются режимы резания: скорость шлифовального круга, характеристика



шлифовального круга, скорость вращения детали, частота вращения детали, слой, снимаемый при выхаживании, минутная поперечная подача, машинное время.

Для программной реализации алгоритма на ЭВМ была использована система визуального объектно-ориентированного проектирования Turbo Delphi.

В программе реализовано определение режимов резания на круглошлифовальных станках для двух типов обработки [1]: шлифование шеек и одновременное шлифование шейки и торца.

На рис. 1 представлена основная форма программы. Форма разделена на три зоны: «Ввод исходных данных», «Расчитанные параметры режимов резания», «Справка о паспортных данных выбранного станка».

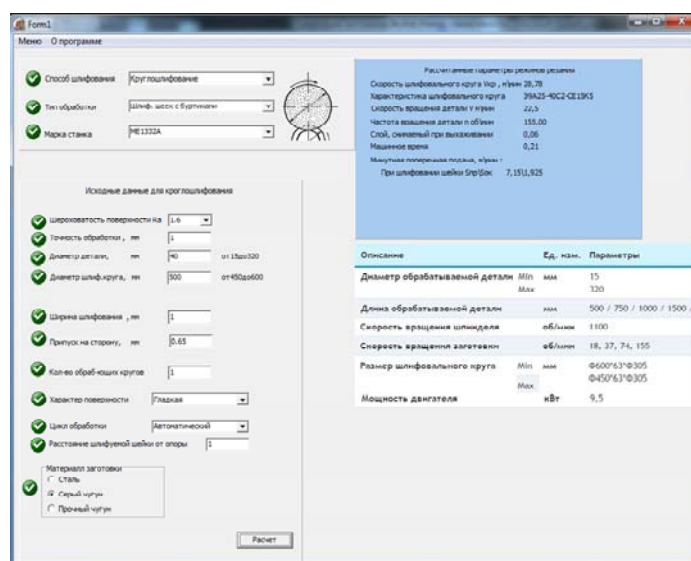


Рис. 1. Главное окно программы

Программа исключает случайные ошибки, которые может допустить человек. Использовать предлагаемую программу могут студенты в курсовых и дипломных работах, а также пользователи-технологи.

#### Литература

1. Режимы резания металлов : справочник / под ред. Ю. В. Барановского. – М. : Машиностроение, 1972. – 408 с.

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕХАНИЗМА ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КЗС-10К

А. В. Печенев

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

Научный руководитель В. Б. Попов

Используемый в самоходном зерноуборочном комбайне механизм очистки (МО) состоит из: маховика, шатунов, двуплечих рычагов, штанг, подвесок и рабочих органов – стрясной доски, верхнего и нижнего решетчатого станков, шарнирно закрепленных на раме (рис. 1). Для всех известных систем очистки характерна неуравновешенность

движущихся в противофазе звеньев МО. При этом основное влияние на раму комбайна со стороны МО оказывают его рабочие органы – верхний и нижний решетчатые станы, стрясная доска, масса которых более чем на порядок выше массы остальных звеньев. Вибрация рамы МО, возникающая в результате действия инерционных сил, передается на корпус зерноуборочного комбайна, что отрицательно сказывается на несущей конструкции и снижает эксплуатационную надежность разъемных соединений.

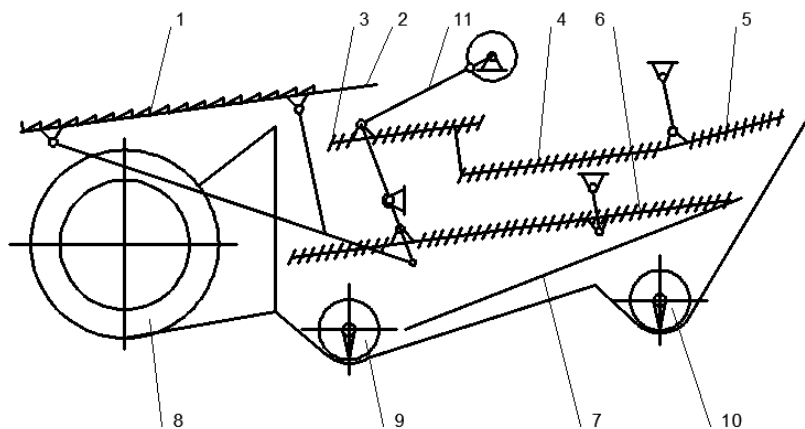


Рис. 1. Схема очистки зерноуборочного комбайна КЗС-10К:

1 – стрясная доска; 2 – пальцевая решетка; 3 – дополнительное решето;  
4 – верхний решетчатый стан; 5 – удлинитель верхнего решета; 6 – нижний  
решетчатый стан; 7 – скатная доска; 8 – вентилятор; 9 – зерновой шнек;  
10 – колосовой шнек; 11 – кривошипно-шатунный механизм

Формирование геометрической модели в соответствии с исходной пространственной реализацией МО существенно усложняет математическое описание. Проблема упрощается при замене 3D-модели МО ее плоским аналогом, сохраняя по основным выходным параметрам эквивалентность полученной геометрической модели исходной. Если учесть симметричное расположение звеньев 3D-модели МО в продольной плоскости, а также предположить параллельность между собой осей, проходящих через центры шарниров и несжимаемость звеньев, то ее структура идентифицируется плоским, десятизвенным, одноподвижным шарнирно-рычажным механизмом (рис. 2). Структура МО по классификации Ассур–Артоболевского следующая: механизм 1-го класса (звено L1), к которому последовательно присоединена группа Ассур 2-го класса, 1-го вида (звенья L2–L3), к которой в свою очередь параллельно присоединены три группы Ассур 2-го класса 1-го вида (звенья L4–L5, L6–L7, L8–L9) [1].

Если массами шатунов и подвесок пренебречь (или привести их к массам рабочих органов), то двухстанная очистка представляется эквивалентной трехмассовой механической системой. Задача уменьшения колебаний рамы комбайна решается путем уравновешивания одной из совершающих сложное движение масс рабочих органов двумя другими. Следует отметить, что каждый из рабочих органов представляет собой отработанную конструкцию со сложившимся относительным положением рабочих элементов, а также оптимальной амплитудой колебаний и траекториями движения характерных точек рабочих органов. Изменение вышеупомянутых параметров затруднительно, поскольку характер движения рабочих органов обусловлен требованиями качественного выполнения технологического процесса очистки.

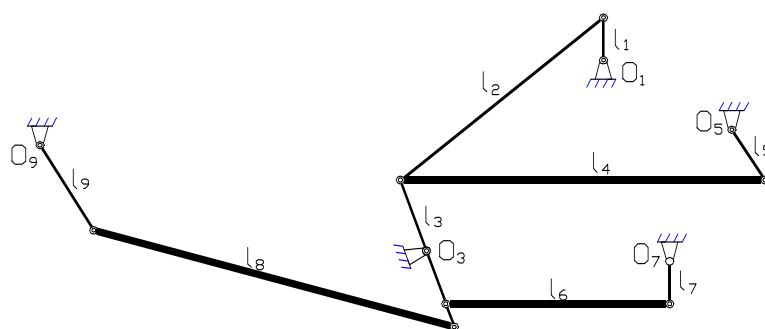


Рис. 2. Геометрическая модель МО зерноуборочного комбайна

Создание функциональной математической модели (ФММ) и выполнение вычислительного эксперимента на ПЭВМ позволяет провести многовариантный кинестатический анализ МО за сравнительно короткое время. Это в значительной степени снижает материальные и временные затраты на его уравнивание и при наличии адекватной функциональной ММ позволит получить достоверные результаты, избегнув при этом длительной доводки МО на стенде.

Статическое уравнивание МО реализуется только в том случае, когда центр масс остается неподвижным или движется равномерно и прямолинейно. Выполнение этого условия весьма затруднительно, поскольку центр масс МО за цикл (один оборот ведущего звена) описывает криволинейную траекторию. С учетом вышеупомянутых ограничений полностью уравновесить МО невозможно, поэтому стремятся к частичному уравниванию, выражающемуся в сокращении площади фигуры, описываемой центром масс МО (рис. 3).

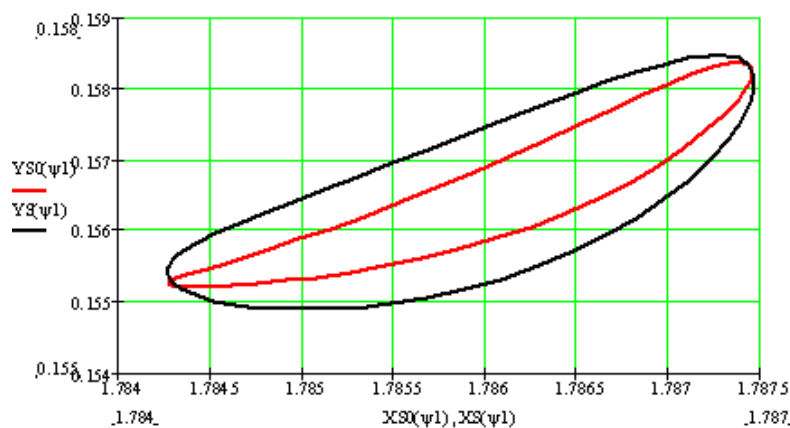


Рис. 3. Перемещение общего центра масс механизма очистки

Расчет показал, что максимальные значения амплитуды колебаний общего центра масс МО за оборот кривошипа составили:  $A_x = 3,97$  мм;  $A_y = 3,85$  мм.

Геометрический и кинематический анализ МО выполнен на основе метода замкнутых векторных контуров. В результате геометрического анализа определяются углы, образуемые подвижными звеньями МО в правой декартовой системе координат и координаты центров подвижных шарниров в зависимости от обобщенной координаты – угла поворота кривошипа  $L1$  за один его оборот. Аналитические вы-

ражения для угловых скоростей и ускорений подвижных звеньев получаем на основе дифференцирования по обобщенной координате выражений для соответствующих углов и в свою очередь на их основе получаем выражения для линейных скоростей и ускорений центров масс звеньев.

Силовой анализ выполняется по группам Ассура (в обратном порядке), с учетом влияния сил и моментов инерции, действующих на звенья. В результате проведения силового анализа определяется приведенный момент инерции (момент, действующий на кривошип L1) в зависимости от изменения обобщенной координаты.

Инерционные характеристики маховика оказывают существенное стабилизирующее влияние на колебание угловой скорости кривошипа за цикл. При известных параметрах маховика определяется коэффициент неравномерности движения кривошипа, после чего кинестатический анализ выполняется повторно и в результате определяется характер изменения реакций в шарнирах МО.

В результате проведенной работы была сформирована ФММ, представляющая собой формализованное описание работы его звеньев и рабочих органов за цикл. Это обеспечивает выполнение многовариантного анализа работы МО на ПЭВМ в среде MathCAD. Полученная ФММ может быть использована для анализа механизмов очистки идентичной структуры, а также в качестве основной составляющей в процедуре параметрического синтеза МО.

#### Литература

1. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский. – М. : Машиностроение, 1988. – 640 с.

## **РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МОБИЛЬНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ИМИТАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО ПЕРЕЕЗДА**

**Д. В. Абросимов**

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

Научный руководитель В. Б. Попов

В работе рассмотрена функциональная математическая модель (ФММ) мобильного сельскохозяйственного агрегата (МСХА), состоящего из движущегося колесного трактора с рабочим орудием, переведенным в транспортное положение.

Сформированная ФММ предназначена для расчета параметров вибрации переднего и заднего мостов трактора, с учетом влияния микрорельефа опорной поверхности [1].

Профиль поля или грунтовой дороги определяется микропрофилем поверхности, индуцирующей колебания колесных движителей. Таким образом, основным источником колебаний рассматриваемого МСХА являются неровности опорной поверхности – сельскохозяйственного фона, имеющие случайный характер. Вибрация колес в свою очередь передается на корпус трактора, что отрицательно влияет как на водителя, так и на надежность работы узлов и агрегатов МСХА.

Микропрофиль считается стационарным случайным процессом и основными его характеристиками являются: корреляционная функция, спектральная плотность и максимальная высота неровностей [2]. Корреляционная функция –  $R_q(\tau)$  характе-

ризует структуру случайной функции неровности и для нее чаще всего выбирается аппроксимирующее выражение вида

$$R_q(\tau) = e^{-\alpha(\tau)} \cos \beta \tau,$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – коэффициенты, характеризующие соответственно затухание и периодичность функции.

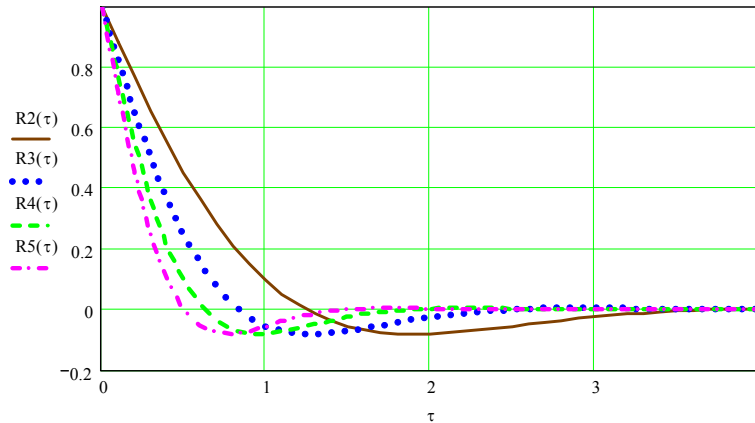


Рис. 1. Корреляционные функции неровностей среднестатистического агрофона для МСХА

Числовые значения  $\alpha$  и  $\beta$  зависят от типа сельхозфона и скорости движения МСХА, поэтому для произвольной скорости определяются по их значениям, полученным из таблиц для скорости  $v = 1$  м/с, используя следующие соотношения:

$$\alpha_{V_i} = \alpha_{V=1} V_i; \quad \beta_{V_i} = \beta_{V=1} V_i.$$

Распределение ординат микропрофиля подчиняется нормальному закону, из чего следует простая известная зависимость для максимальной высоты неровностей:

$$q_{\max} \approx 3\sigma_q.$$

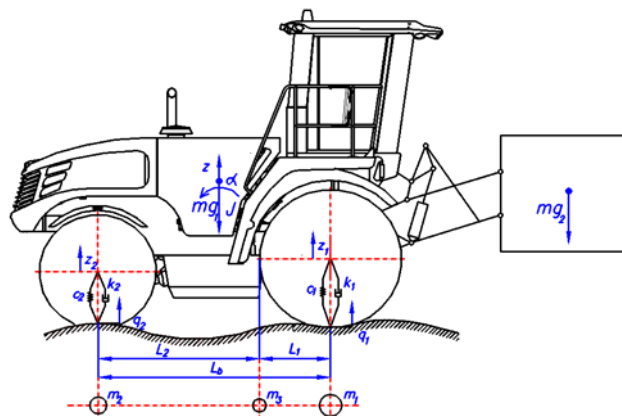


Рис. 2. Схема динамической модели МСХА в режиме транспортного переезда

Особенностью формирования данной ФММ транспортного переезда МСХА являются: учет влияния переведенной в транспортное положение навесной машины, которая приводит к изменению положения центра тяжести МСХА и соответствующему изменению общего момента инерции МСХА.

Работа МСХА характеризуется переходными динамическими процессами, происходящими в системе поддрессоривания при движении по неровностям опорной поверхности. Эти процессы описываются нелинейными дифференциальными уравнениями [3]. И в частности дифференциальные уравнения, описывающие колебания передней и задней частей агрегата, имеют вид:

1. Дифференциальные уравнения для передней части остова МСХА:

$$\ddot{z}_1 + h_1 \dot{z}_1 + \omega_1^2 z_1 - h_1 \dot{\xi}_1 - \omega_1^2 \xi_1 = 0;$$

$$\ddot{\xi}_1 + h_{k1} \dot{\xi}_1 + \omega_{k1}^2 \xi_1 - h_1 \dot{z}_1 - \omega_{k1}^2 z_1 - q_1 = 0.$$

2. Дифференциальные уравнения для задней части остова МСХА:

$$\ddot{z}_2 + h_2 \dot{z}_2 + \omega_2^2 z_2 = 0;$$

$$\ddot{z}_2 + h_2 \dot{z}_2 + \omega_2^2 z_2 - q_2 = 0.$$

Графики зависимости перемещения и ускорения сосредоточенного центра масс остова трактора «Беларус-2522» с плугом, находящимся в транспортном положении от времени, представлены на рис. 3 и 4 соответственно.

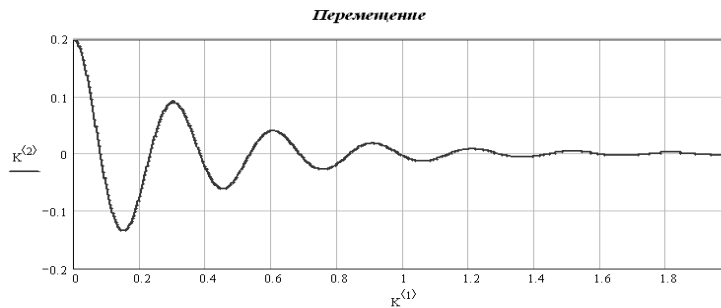


Рис. 3. График зависимости перемещения центра масс остова МСХА от времени

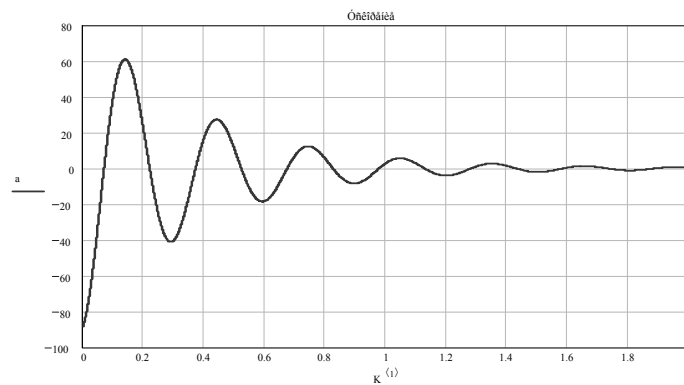


Рис. 4. График зависимости ускорения перемещения центра масс остова МСХА от времени

Рассмотренная ФММ транспортного переезда МСХА может быть использована для имитации равномерного движения агрегата и определения параметров вибрации колесных МСХА и агрегатируемых с ними орудий.

#### Литература

1. Гуськов, В. В. Тракторы / В. В. Гуськов. – Минск : Выш. шк., 1977. – Ч. II. Теория. – 384 с. : ил.
2. Барский, И. Б. Динамика трактора / И. Б. Барский, В. Я. Анилович, Г. М. Кутьков. – М. : Машиностроение, 1973. – 280 с.
3. Попов, В. Б. Математическое моделирование мобильного с/х агрегата в режиме транспортного переезда / В. Б. Попов // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2005. – № 3. – С. 13–18.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НОЖЕЙ РЕЖУЩЕГО БАРАБАНА НА ЕГО НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ

К. М. Михайлов

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

Научный руководитель П. Н. Богданович

Важным технологическим параметром работы измельчающего аппарата является не только измельчение растительной массы, но и ее дальнейшая транспортировка. Улучшение транспортировки облегчает работу ускорительного барабана, создающего плотный поток измельченной массы. С целью повышения транспортирующей способности создана модель ножа с плавно изогнутой гранью (рис. 1), поверхность которой выступает в роли лопатки. Загнутые вперед по ходу вращения ножи обеспечивают высокое давление воздуха и, следовательно, большую транспортирующую способность. Задачей являлась проверка надежности ножа такого исполнения при различном количестве крепежных элементов.

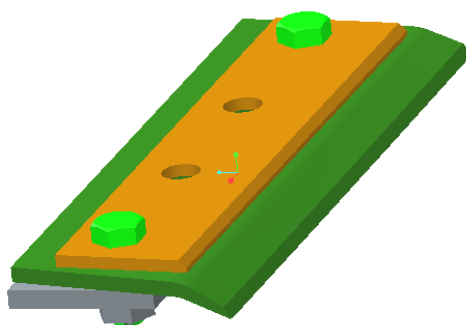


Рис. 1. Модель изогнутого ножа

Для расчетов использовался метод конечных элементов. Он реализован в больших современных пакетах программ, позволяющих проводить сложные расчеты. На рис. 2 представлена модель изогнутого ножа, разбитая сеткой на конечные элементы.

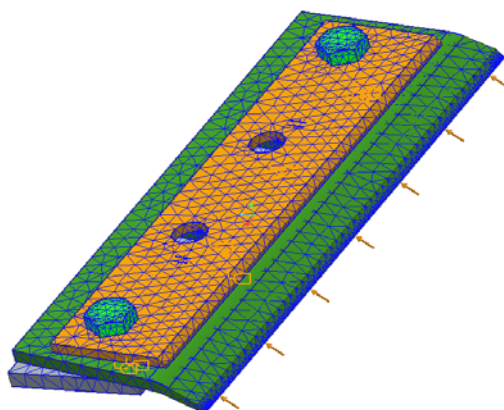


Рис. 2. Модель ножа, разбитая на конечные элементы

Для предотвращения сдвига ножа относительно основания болтовые соединения закручиваются моментом затяжки 220–350 Н · м, обеспечивающим прижимную силу 100 кН на один болт.

Материалом ножа выбран был ВЧТГ с модулем упругости  $E = 170$  ГПа и коэффициентом Пуассона  $\mu = 0,27$ , для остальных деталей материалом являлась конструкционная сталь с  $E = 200$  ГПа и  $\mu = 0,3$ . Нож был нагружен силами, возникающими при работе измельчающего барабана ( $F_1 = 2079,6$  Н,  $F_2 = 2560,7$  Н,  $F_3 = 344,4$  Н), а также силами затяжки болтового соединения.

На рис. 3 приведено распределение эквивалентных напряжений для варианта крепления на 2 болта. Максимальные значения наблюдаются на кромке ножа и на головках болтов, они достигают 185,7 МПа.

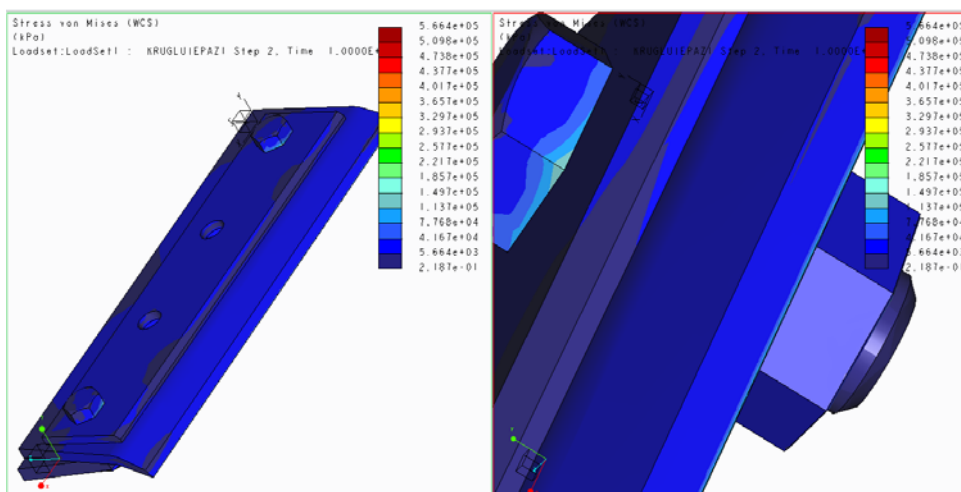


Рис. 3. Распределение эквивалентных напряжений двухболтового соединения

Для конструкции с тремя болтами максимальные эквивалентные напряжения на кромке ножа и на головках болта составили 92,9 МПа (рис. 4), что в два раза меньше, чем при варианте крепления ножа на 2 болта.



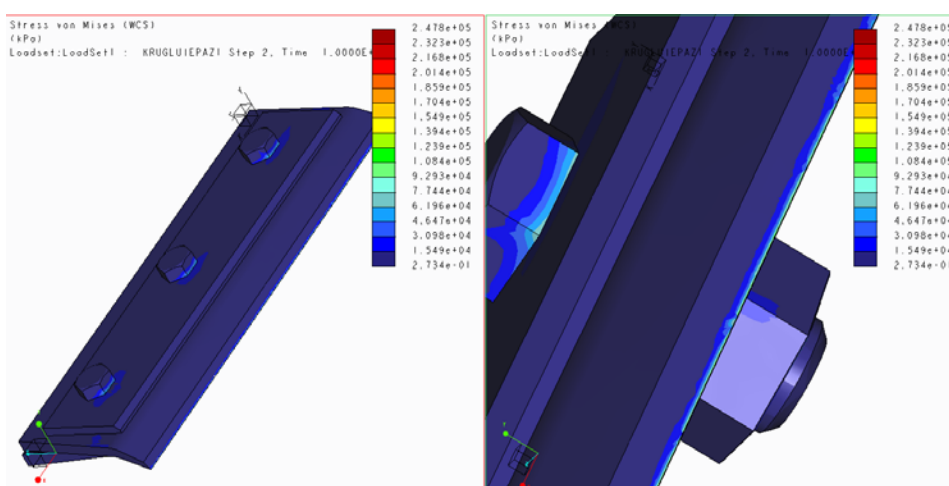


Рис. 4. Распределение эквивалентных напряжений трехболтового соединения

Минимальные эквивалентные напряжения наблюдаются в варианте четырехболтового соединения (рис. 5). Здесь максимальные напряжения на кромке ножа и на головках болтов составили 75,9 МПа.

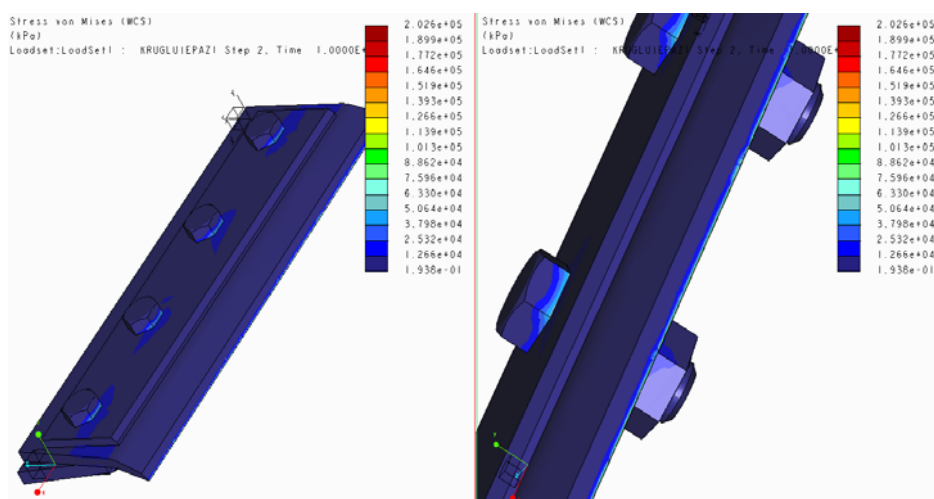


Рис. 5. Распределение эквивалентных напряжений четырехболтового соединения

На основе полученных результатов расчетов можно сделать выводы:

1. Для данной модели ножа закрепление на четырех болтах является оптимальным. Трехболтовое соединение также является приемлемым. Дальнейшее увеличение числа крепежных элементов приведет к незначительному повышению надежности и усложнению конструкции.
2. Напряжения на кромке ножа данной модели допустимы и не критичны.

#### Литература

1. Claas. – Germany: Harsewinkel, 2011. – Режим доступа: <http://www.claas.ru>.
2. John Deere. – USA: Illinois, 2011. – Режим доступа: <http://www.deere.com>.
3. Резник, Н. Е. Кормоуборочные комбайны / Н. Е. Резник. – М. : Машиностроение, 1980. – 375 с.

## ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СВЕРЛ С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ СМП

Е. В. Демчук

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

Научный руководитель М. И. Михайлов

Целью работы является повышение работоспособности сборных сверл с СМП при сверлении картера моста 64221-2501012-030СБ путем оптимизации геометрических параметров СМП и проведение сравнительных испытаний СМП производства SANDVIK Coromant (Швеция) и ZENIT TOOL (Италия).

Экспериментальные исследования проводились в производственных условиях ОАО «МАЗ» – УКХ «БЕЛАВТОМАЗ» и включали в себя изучение геометрии сменных многогранных пластин (СМП) и их износ, а также стойкостные исследования при сверлении на станке «SAS STROJOGRAĐNJA, d.o.o.».

Существует большое многообразие конструкций сверл с механическим креплением СМП, например, сверла со сменными головками, сверла со сменными твердосплавными пластинами и др. Наиболее подходящим для обработки детали стартер моста 64221-2501012-030СБ является сверло со сменными пластинами типа CCMT060204 согласно ISO9001:2008 и прямыми стружечными канавками, чтобы улучшить удаление стружки.

В настоящее время на горизонтальном обрабатывающем центре с ЧПУ «SAS STROJOGRAĐNJA, d.o.o.» модели 7101322 установлено сверло с СМП и твердосплавная пластина CCMT060204-PM (сплав 4215) производства компании SANDVIK Coromant [1].

С целью снижения себестоимости продукции возникла необходимость в подробном исследовании различных вариантов СМП, чтобы определить наиболее оптимальный и экономически целесообразный вариант. Основным критерием целесообразности твердосплавных пластин является их стойкость. Для определения стойкости СМП необходимо проведение сравнительных испытаний в производственных условиях, что является актуальной задачей.

Условия, в которых работает сверло с СМП на горизонтальном обрабатывающем центре с ЧПУ,  $V_{рез} = 174$  м/мин,  $n = 3000$  об/мин, влияние кинематической составляющей на геометрические параметры несущественно.

Описание пластины, ее форма, размеры и геометрия определяются согласно стандарту системы ISO9001:2008 (рис. 1).

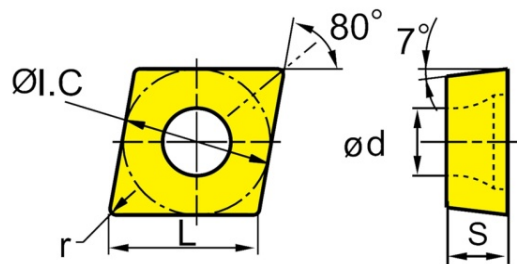


Рис. 1. Пластина твердосплавная

Базовая пластина CCMT060204 имеет следующие характеристики: форма пластины – ромбическая ( $80^\circ$ ); длина режущей кромки ( $L$ ) – 6 мм; ширина ( $S$ ) – 2 мм; радиус вершины ( $r$ ) – 4 мм. Пластины устанавливаются в пазы сборного сверла и фиксируются винтами через центральное отверстие в пластине [1].



Рис. 2. Общий вид сверла в оправке

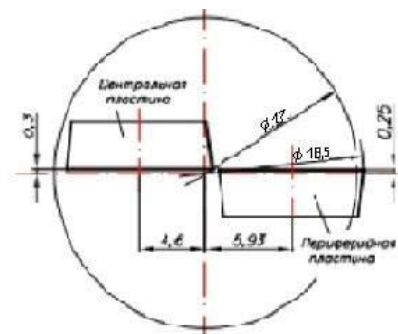


Рис. 3. Расположение СМП в корпусе сверла

Обрабатываемый материал сталь 35Л твердостью 179–229 НВ (картер моста 64221-2501012-030СБ). Эксперименты проводились сборным сверлом с механическим креплением СМП (рис. 2, 3) из твердого сплава марки Z9 с покрытием TiCN (аналогичного сплаву 4215), полученным CVD-методом (метод химического осаждения). Исследовалось изменение геометрии СМП с целью увеличения ее стойкости при обработке.

В результате проведенных экспериментов получены следующие данные, приведенные в таблице, которые отражают эффективность использования испытанных пластин СМП с геометрией UR и задним углом  $7^\circ$  [2].

### Результаты исследования

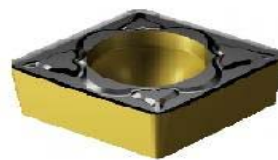
Деталь	64221-2501012-030СБ (картер моста)	
Материал	Сталь 35Л	
Поверхность детали	Отливка	
Твердость/предел прочности при растяжении	179–229 НВ	
Станок/год выпуска	SAS STROJOGRAĐNJA d.o.o., 2005	
Тип пластин	CCMT060204	CCMT060204
Геометрия пластины	PM	UR
Длина сверла	$2 \times D$	$2 \times D$
СОЖ	Внутреннее охлаждение	Внутреннее охлаждение
Скорость резания $V_c$ , м/мин	174	174
Частота вращения $n$ , об/мин	3000	3000
Подача $S$ , мм/об	0,2	0,2
Скорость подачи $V_f$ , мм/мин	360	360
Диаметр сверла $D_{св}$ , мм	18,5	18,5

Окончание

Глубина резания $t$ , мм	9,25	9,25
Длина резания $L$ , мм	33	33
Время резания $t_e$ , мин	0,13	0,13
Кол-во отверстий на режущую кромку, шт.	375	450
Кол-во деталей, шт	46	56
Стойкость на режущую кромку $T$ , мин	50	60
Вид износа	Сколы режущей кромки	Сколы режущей кромки
Износ $V_b$ , мм	0,5	0,5
Форма стружки	Стружка надлома	Стружка надлома



а)

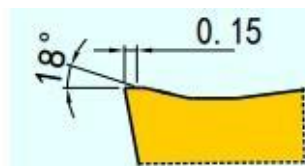


б)

Рис. 4. Пластины твердосплавные:  
 а – ZENIT TOOL с геометрией UR; б – SANDVIK COROMANT с геометрией PM



а)



б)

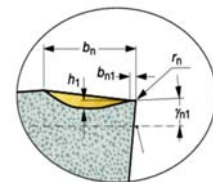
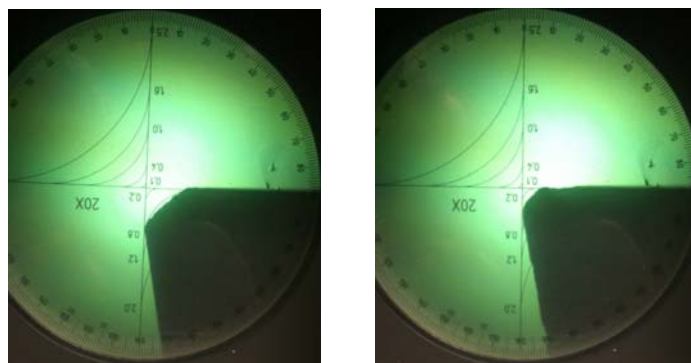


Рис. 5. Геометрические параметры СМП:  
 а – геометрии PM; б – геометрии UR



Рис. 6. Стружка, полученная в результате сверления сверлом с СМП



а)

б)

Рис. 7. Износ на максимальном диаметре периферийной СМП на главной режущей кромке:  
а – с геометрией РМ; б – с геометрией UR

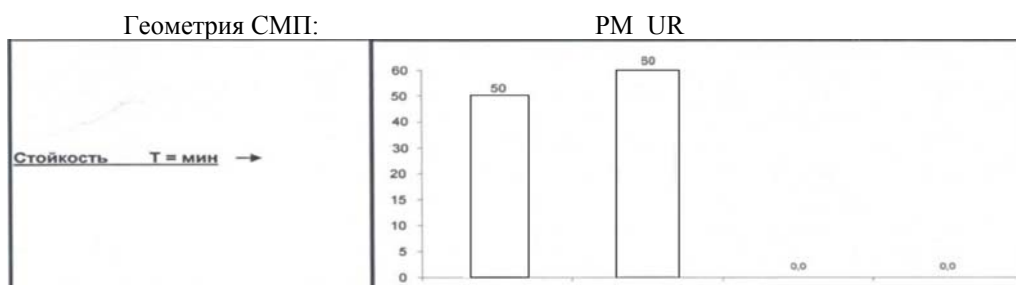


Рис. 8. Результаты испытаний, полученные в производственных условиях

### Заключение

Основными результатами испытаний стало увеличение стойкости металлорежущей твердосплавной пластины и как следствие сокращение затрат, связанных с производством данной детали (картер моста 64221-2501012-030СБ), а также затрат, связанных со сменой инструмента. В среднем стойкость предложенной геометрии UR (ZENIT TOOL) превышает стойкость геометрии РМ (SANDVIK Coromant) на 20 %. Исходя из этого целесообразней использовать твердосплавные пластины ССМТ.UR060204.

### Литература

1. General catalogue Sandvik Coromant, 2014.
2. General catalogue Zenit tool, 2014.

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ МЕТОДОМ ППД

П. А. Павловец

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

Научный руководитель М. И. Михайлов

Целью работы является повышение надежности инструмента при обработке отверстий корпуса прибора наведения 1К13 «Неман» путем оптимизации конструкции

инструмента, а также проведение функциональных испытаний работы раскатника производства ОАО «БелОМО» (рис. 1).

Экспериментальные исследования выполнялись в производственных условиях ОАО «БелОМО» и включали в себя выявление функциональных зависимостей и технических показателей раскатывающего инструмента от его конструктивных и силовых параметров при работе на станке ГФ2171Ф3.

В качестве обрабатываемого материала использовались заготовки из сплава алюминиевого АКМ (корпус прибора наведения 1К13 «Неман» рис. 2) с шероховатостью  $R_a = 10$  мкм. Детали раскатника обработаны по 5-му качеству точности с шероховатостью  $R_a = 0,4$  мкм. Ролики изготовлены из стали ШХ15 с обработкой заборного конуса  $2\varphi = 8^\circ$  [4, с. 5–8]. Углы опорного конуса и ролика подобраны, с обеспечением заднего угла между образующими ролика и детали  $\alpha = 1^\circ$ . Твердость рабочей поверхности роликов HRC 62–65. Радиальное биение инструмента по роликам при проверке не превышает 8–10 мкм.



Рис. 1. Роликовый раскатник



Рис. 2. Прибор ПНВД 1К13 «Неман»

В качестве основных конструктивно-технологических параметров, действующих при обработке, были приняты следующие величины: диаметр деформирующего ролика  $d_p = 10$  мм; диаметр обрабатываемого отверстия  $D = 69,5$  мм; частота вращения инструмента  $n = 400\text{--}1400$  мин<sup>-1</sup>. В процессе раскатывания инструменту придавались подачи:  $S_0 = 0,2$  мм/об,  $S_0 = 0,4$  мм/об,  $S_0 = 0,6$  мм/об,  $S_0 = 0,8$  мм/об. Для вычисления значений функций и анализа влияния параметров и факторов обработки использовалось программное обеспечение MathCAD.

В результате экспериментов получены регрессии зависимостей изменения шероховатости (рис. 3) от частоты вращения раскатника. Из этой зависимости следует, что изменения шероховатости представляют собой вогнутые параболы, которые с увеличением частоты вращения инструмента уменьшаются, а чистота поверхности – увеличивается. Причем на участке 1200–1400 мин<sup>-1</sup> кривые начинают выравниваться. Это происходит при величине  $R_a$ , лежащей в пределах 0,9–0,13. Уменьшение шероховатости происходит также и при уменьшении величины подачи  $S_0$  от 0,6 до 0,2 мм/об [1, с. 116–125].

Глубина упрочнения поверхностного слоя после раскатывания отверстия определялась при помощи измерения микротвердости по Викерсу. Для проведения измерения и получения экспериментальных данных подготавливался шлиф. Для этого использовалась заготовка с раскатанным отверстием и вручную срезался сегмент. Из полученного сегмента готовился шлиф, также вручную, с небольшими скоростями шлифования, шероховатостью доведенной поверхности до  $R_a = 0,08$  мкм (рис. 4).

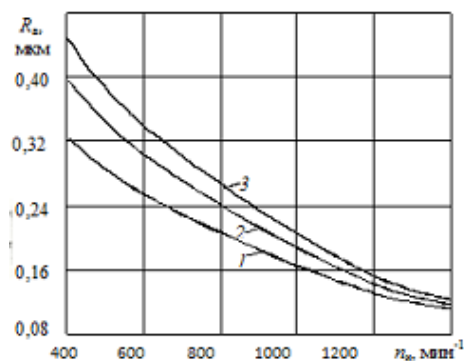


Рис. 3. Зависимости шероховатости обработанной поверхности от частоты вращения раскатника:  
 1 –  $S_0 = 0,2$  мм/об; 2 –  $S_0 = 0,4$  мм/об;  
 3 –  $S_0 = 0,6$  мм/об

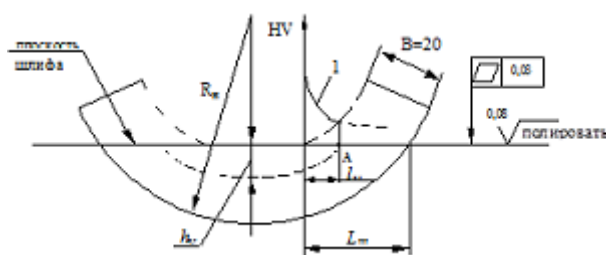


Рис. 4. Образец для определения глубины упрочнения:  
 1 – зависимость изменения микротвердости по длине микрошлифа;  $h_y$  – глубина упрочнения поверхности

После подготовки шлифа производились измерения микротвердости, перемещая алмазный индентор твердомера вдоль шлифа от внутренней поверхности отверстия к наружной, периодически производя замер (рис. 5). Если поверхность образца была упрочнена, то в глубину от поверхности микротвердость уменьшалась. Точка А перехода кривой 1 на прямолинейном горизонтальном участке, определит длину  $l_y$  перехода от упрочненного слоя к не упрочненному. Глубина упрочнения определялась по формуле  $h_y = \frac{\ell B}{L_{ш}}$ .

На рис. 6 представлена зависимость изменения глубины упрочнения, построенная по уравнению регрессии, представляющая собой монотонно возрастающую параболу.

Расчет глубины упрочнения производился по формуле Хейфеца–Кудрявцева [3, с. 6–11]. На начальном участке при малых частотах вращения инструмента увеличение глубины упрочнения происходило повторным приложением нагрузки, поскольку использовалось шесть деформирующих роликов в данном раскатнике. По мере увеличения частоты вращения интенсивность усилия деформирования возрастает, и повторные приложения нагрузки меньше сказываются на итоговой глубине упрочнения.



Рис. 5. Твердомер с алмазным индентором

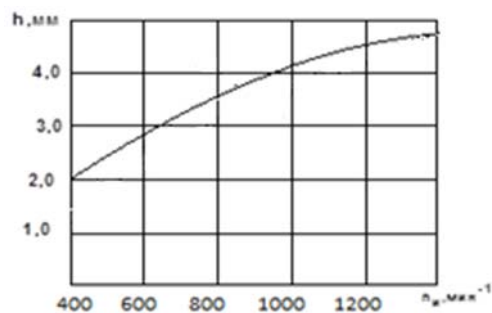


Рис. 6. Зависимость глубины упрочнения от частоты вращения раскатника

Экспериментальное измерение площади контакта является одним из сложно определяемых геометрических параметров контактной зоны, так как в процессе обработки ролики постоянно находятся в контакте с обрабатываемой поверхностью.

Одним из методов, наиболее распространенных и рекомендуемых в литературных источниках, является использование промежуточной тонкой бумаги толщиной 0,02 мм, размещаемой между контактирующими телами. На рис. 7 представлена зависимость изменения площади контактной зоны при деформировании поверхности отверстия в зависимости от глубины внедрения ролика и усилия деформирования. Как видно из графика, площадь контакта с увеличением глубины внедрения и усилия деформирования возрастает по параболическому закону, что согласуется с исследованиями, приведенными в ряде известных литературных источников [5, с. 82]. При определении глубины внедрения ролика в деформируемую поверхность было учтено, что фактическая глубина внедрения отличается от измеренной на величину деформации самого ролика.

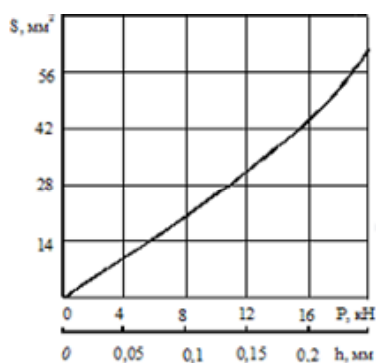


Рис. 7. Экспериментальная зависимость площади контактной зоны от нагружающего усилия и глубины внедрения ролика: угол конусности  $\theta = 1^\circ$ , угол внедрения для ролика  $\alpha = 1^\circ$ ; диаметр ролика = 10 мм

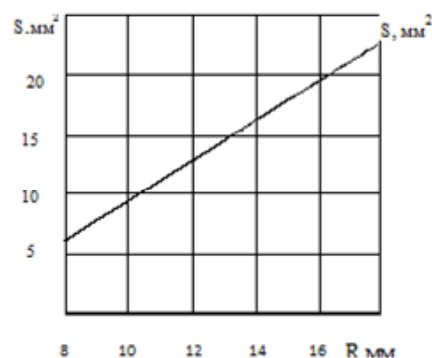


Рис. 8. Зависимость площади контактной зоны от изменения радиуса роликов

Как видно из графика, отношение площадей контакта при обработке с увеличением диаметра ролика растет по параболическому закону (рис. 8) [2, с. 127–133].

### Заключение

Получены результаты производственного исследования контактной зоны и показателей качества поверхности при обработке отверстия методом ППД с учетом реальных производственных условий на ОАО «БелОМО» и критериев по качеству поверхности.

### Литература

1. Виленская, Е. Л. Исследование шероховатости поверхности по комплексу параметров при чистовой обработке давлением / Е. Л. Виленская. – 1973. – № 9.
2. Жасимов, М. М. Законы распределения контактных давлений, деформаций и напряжений при ППД / М. М. Жасимов. – В кн.: Машиностроение. – Алма-Ата, 1976.
3. Кудрявцев, И. В. Выбор основных параметров упрочнения валов обкатыванием роликами / И. В. Кудрявцев, Л. Н. Бурмистрова // Вестн. машиностроения. – 1983. – № 4.
4. Отений, Я. Н. Обоснование оптимальной формы роликов при обработке ППД / Я. Н. Отений. – Пенза, 2000.
5. Смольников, Н. Я. Исследование влияния радиуса и глубины внедрения ролика на площадь и объем контактной зоны при обкатывании / Н. Я. Смольников, Я. Н., Отений, С. Н. Ольштынский // Прогрессивные технологии в машиностроении : межвуз. сб. науч. тр. / под ред. Ю. Н. Полянчикова ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2002. – Вып. № 5.



## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОПУСКОВ НА ЭЛЕМЕНТЫ ВТОРОГО КАСКАДА УСИЛЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОПУСКОВ НА ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГИДРОПРИВОДА

П. В. Романов

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

Научный руководитель Г. С. Кульгейко

Большинство электрогидравлических приводов должны иметь значительные мощности, что может быть обеспечено увеличением расхода рабочей жидкости на выходе гидравлических усилителей. При этом требуются большие усилия, необходимые для перестановки подвижных элементов. Увеличить выходную мощность при сохранении требуемых характеристик усилителя можно применением гидравлических усилителей с несколькими ступенями усиления.

Принципиальная схема подобного двухкаскадного гидравлического усилителя дана на рис. 1.

Первый каскад усилителя имеет управляющую заслонку 7, два сопла 6 и 9, два дросселя 4 и 5 с постоянными проходными сечениями. Первый каскад усиления питается рабочей жидкостью с небольшим давлением и расходом. Второй каскад имеет цилиндрический распределитель, золотник 2 которого расположен в гильзе 1 и находится под действием пружин 3, помещенных в междроссельных камерах справа и слева от золотника.

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

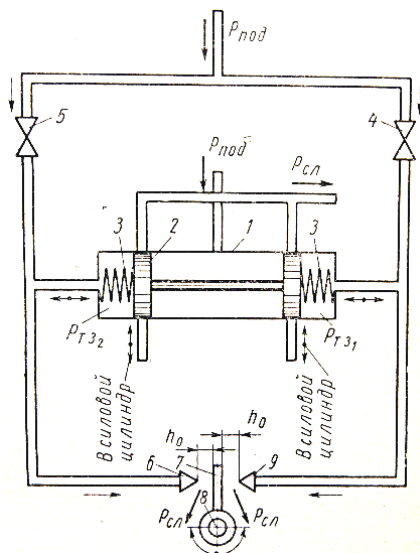


Рис. 1. Схема двухкаскадного гидравлического усилителя

**Цилиндрический золотниковый распределитель.** На рис. 2 дана конструктивная схема распределительного золотникового устройства, служащего для подачи жидкости под рабочим давлением в одну из полостей силового цилиндра при одновременном отводе ее из противоположной полости в сливную магистраль при давлении  $P_{сл}$ .

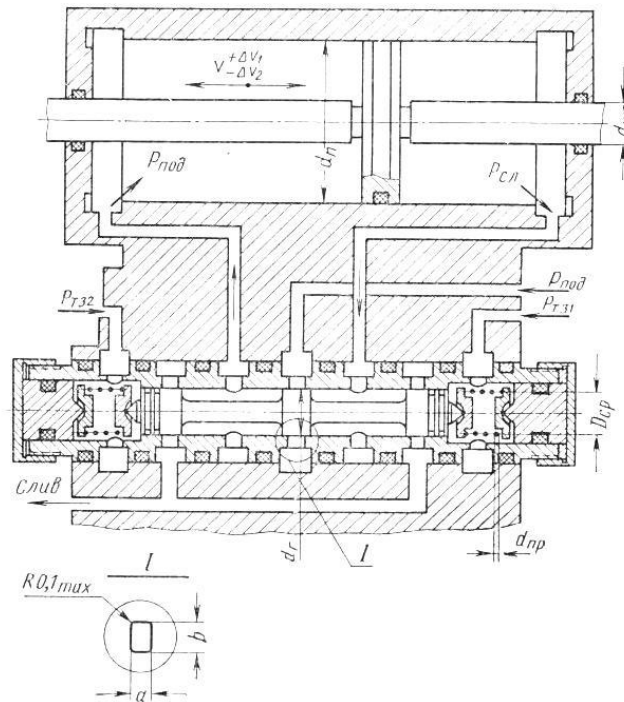


Рис. 2. Конструктивная схема цилиндрического золотникового распределителя

Работами Н. Г. Бруевича, Н. А. Бородачева и др. установлено, что если между выходными параметрами какого-либо сборочного узла  $y$  и его размерами или другими характеристиками имеется аналитическая зависимость и она дифференцируется до  $n$ -го порядка для всех значений, то допуск на величину  $y$  определится из выражения (метод функциональной взаимозаменяемости):

$$\delta y = \sqrt{\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_1}\right)_{x_1=z_1}^2 \delta_1^2 k_1^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_2}\right)_{x_2=z_2}^2 \delta_2^2 k_2^2 + \dots + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_n}\right)_{x_n=z_n}^2 \delta_n^2 k_n^2}, \quad (1)$$

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

Рассмотрим методику расчета допусков на основные элементы электрогидравлического привода исходя из обеспечения функциональной взаимозаменяемости.

Допустим, что золотник сместился влево, открывая доступ рабочей жидкости в полость основного цилиндра под давлением  $P_{под}$ , и одновременно из второй полости отводится отработавшая жидкость давлением  $P_{сл}$ .

Формула расхода рабочей жидкости через распределительный золотник запишется следующим образом:

$$Q = \frac{2\mu\pi d_3^2 \Delta P_{т.з} D_{cp}^3 i b \sqrt{\frac{2\Delta P_{ш}}{\rho}}}{Gd_{np}^4 + 8\mu^2 \pi d_3^2 \Delta P_{ш} \cos \alpha D_{cp}^3 i}. \quad (2)$$

По формуле (1) в общем случае, считая, что  $k_1 = k_2 = \dots = k_n = 1$ , запишем

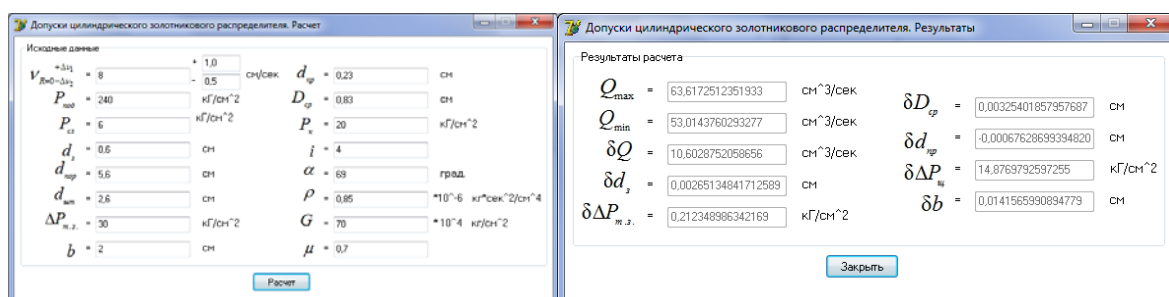
$$\delta Q = \sqrt{\left(\frac{\partial Q}{\partial d_3}\right)_1^2 \delta^2 d_3 + \left(\frac{\partial Q}{\partial \Delta P_{т.з}}\right)_1^2 \delta^2 \Delta P_{т.з} + \left(\frac{\partial Q}{\partial D_{ср}}\right)_1^2 \delta^2 D_{ср} + \left(\frac{\partial Q}{\partial d_{пр}}\right)_1^2 \delta^2 d_{пр} + \dots} \rightarrow$$

$$\rightarrow + \left(\frac{\partial Q}{\partial \Delta P_{щ}}\right)_1^2 \delta^2 \Delta P_{щ} + \left(\frac{\partial Q}{\partial b}\right)_1^2 \delta^2 b. \quad (3)$$

Откуда можно вычислить допуски на элементы второго каскада гидроусилителя.

Алгоритм расчета:

1. Определяем максимальное и минимальное количество потребной рабочей жидкости.
2. Определяем допуск на диаметр распределительного золотника  $\delta d_3$ .
3. Определим допуск на перепад давления на торцах золотника  $\delta \Delta P_{т.з}$ .
4. Определим допуск на средний диаметр пружин на торцах распределительно-го золотника  $\delta D_{ср}$ .
5. Определим допуск на диаметр проволоки пружин на торцах распределительного золотника  $\delta d_{пр}$ .
6. Определим допуск на перепад давления на щели  $\delta \Delta P_{щ}$ .
7. Определим допуск на размер проходной щели  $\delta b$  (рис. 3).



а)

б)

Рис. 3. Допуски цилиндрического золотникового распределителя:  
а – расчет; б – результаты

### Заключение

Применение принципа функциональной взаимозаменяемости при проектировании и изготовлении основных элементов первого и второго каскадов усиления позволит: обеспечить стабильную скорость перемещения поршня исполнительного механизма; обоснованно подойти к назначению допусков на основные элементы первого и второго каскадов усиления; уменьшить трудоемкость комплектования сопел по расходу; выявить технологическую возможность взаимозаменяемости основных элементов электрогидравлических следящих систем.

## Литература

1. Навроцкий, К. Л. Теория и проектирование гидро и пневмоприводов : учеб. для студентов вузов по специальности «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика» / К. Л. Навроцкий.
2. Ильин, М. Г. Технология изготовления прецизионных деталей гидропривода / М. Г. Ильин, Я. А. Бекиров. – М. : Машиностроение, 1971. – 160 с.
3. Башта, Т. М. Гидравлические следящие приводы / Т. М. Башта. – М. : Машиностроение, 1960. – 280 с.

**АНАЛИЗ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ РОБОТОВ****Н. Э. Тетерич***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель М. И. Михайлов

Большинство методов математического моделирования манипуляционных систем основывающихся на принципах классической механики, сформулированных в XVII–XVIII вв. выдающимися механиками и математиками, такими как Ньютон, Эйлер, Лагранж, Д'Аламбер. Применение матриц для описания в пространстве положения твердого тела впервые было предложено в 1953 г. Ю. Ф. Морозкиным, в 1955 г. Денавит и Хартенберг разработали единый подход к описанию геометрии манипуляционной системы относительно заданной системы координат. Они предложили использовать для описания пространственного положения звеньев манипуляционных систем матрицы размерности (4Ч4), с помощью которых можно преобразовать однородные координаты. Тем самым прямая задача 11 кинематики свелась к определению результирующей матрицы, определяющей положение всех звеньев манипуляционной системы и задающей связь между системой координат, связанной с рабочим органом, и неподвижной системой координат.

Применение матриц преобразования однородных координат определяет универсальный подход к выводу уравнений кинематики манипуляционных систем. Такой подход впервые был применен в 1970 г. в работе Е. И. Воробьева.

Одними из первых математические модели для описания движения большого класса систем, состоящих из шарнирно связанных твердых тел, были предложены в 1968 г. Кейном и Виттенбургом. Дж. Уикером и Д. Е. Уитни были разработаны методы анализа разомкнутых кинематических цепей, которые применялись для исследования динамики манипуляционных систем. Первые образцы промышленных роботов в нашей стране появились в 1971 г. и были созданы под руководством П. Н. Белянина и Б. Н. Сурина. Исследования в области создания промышленных роботов были проведены видными научными деятелями АН СССР, такими как И. И. Артоболевский, Д. Е. Охочимский, Е. П. Попов.

Большое число алгоритмов управления промышленными роботами было разработано М. Б. Игнатьевым, Ф. М. Кулаковым, А. М. Покровским. В работах Е. П. Попова, А. Ф. Верещагина, С. Л. Зенкевича, М. Вукобратовича, А. В. Тимофеева изложены вопросы кинематики, динамики и управления, а также предложены методики исследования динамических моделей манипуляционных систем промышленных роботов, в том числе с помощью моделирования на ЭВМ.

Уравнения движения манипуляционных систем, полученные методом Лагранжа-Эйлера, впервые были опубликованы Дж. Уикером в 1967 г. в работе и в дальнейшем развиты в работах М. Вукобратовича. Применение данного метода связано с составлением и последующим дифференцированием выражений для кинетической

и потенциальной энергий. Ф. М. Кулаков показал, что для простых, незамкнутых кинематических цепей можно избежать численного дифференцирования. Холлербах предложил способ уменьшения времени вычисления обобщенных сил. Уравнения движения, полученные методом Ньютона–Эйлера, представлены в работах Кейна, Армстронга, Вонга и Равани, В. С. Медведева с соавторами. Уолкер и Орин использовали уравнения, полученные этим методом, для моделирования движения промышленного робота на ЭВМ. Подход к составлению уравнений движения, основанный на принципе Д’Аламбера, позволяет составить эти уравнения в векторно-матричной форме, удобной для анализа. В работах А. Г. Овакимова, Е. И. Воробьева, И. С. Виттенбурга, Ли и других авторов получены уравнения движения манипуляционных систем, составленные на основе принципа Д’Аламбера. Принцип Гаусса в динамике манипуляционных систем изложен в книге, выпущенной под редакцией К. В. Фролова и Е. И. Воробьева. Использование уравнений Аппеля при исследовании динамики манипуляционных систем приведено в работе В. Д. Брицкого. В монографии Д. В. Кузьмина приведены теоретические положения метода связанных графов, ориентированные на использование возможностей современных аппаратных и программных средств автоматизации вычислений, на основе которых в дальнейшем были разработаны алгоритмы автоматизированного составления уравнений кинематики и динамики многозвенных механизмов.

Комплексное исследование динамики манипуляционных систем обеспечивают методы и подходы, основанные на методе малого параметра, например методы расчета динамики управляемых систем с упругими и диссипативными элементами, разработанные Ф. Л. Черноусько, Н. Н. Болотником и В. Г. Градецким в Институте проблем механики РАН (ИПМех РАН). Метод подсистем для численного моделирования динамики механических систем с большим числом степеней свободы, имеющих как разомкнутую, так и замкнутую кинематическую структуру, был разработан Д. Ю. Погореловым. В дальнейшем на основе изложенных методов было разработано множество подходов к построению математических моделей манипуляционных систем, в которых используются различные способы описания кинематики и динамики.

Целью данной научно-исследовательской работы является исследование динамики трехзвенной манипуляционной системы промышленного робота (ПР) (рис. 1). Кинематическая схема ПР показана на рис. 2.

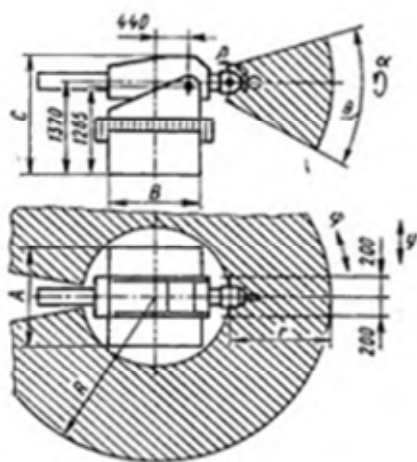


Рис. 1. Рабочая зона робота

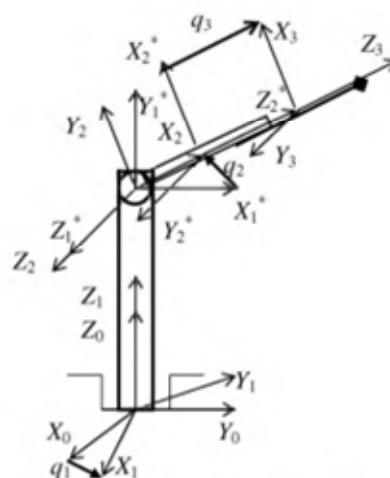


Рис. 2. Кинематическая схема

Это исследование включает в себя: анализ методов составления уравнений движения манипуляционных систем; анализ уравнений, описывающих динамику жестких манипуляционных систем на основе уравнения Лагранжа второго рода с применением аппарата матриц преобразования однородных координат; сделана оценка влияния сил инерции на динамику манипуляционных систем; представлен вывод и обоснование уравнений движения манипуляционных систем с учетом упругой податливости, сосредоточенной в сочленениях (шарнирах) их звеньев; проведен анализ собственных частот свободных упругих колебаний, возникающих в манипуляционных системах; представлены алгоритмы, реализующие математическое моделирование динамики манипуляционных систем и пакет прикладных программ, разработанный на основе этих алгоритмов.

Исходными данными, описывающими геометрическую модель (далее исследуемая манипуляционная система), являются:  $n = 3$  – число звеньев манипуляционной системы;  $P = [2, 1, 3]^T$  – вектор, задающий вид и последовательность кинематических пар, образующих исследуемую манипуляционную систему;  $L = [(0, 0, l_1); (l_2, 0, 0); (0, 0, l_3)]$  – массив векторов, определяющих форму звеньев.

$m_1 = 20,0$  кг;  $m_2 = 10,0$  кг;  $m_3 = 5,0$  кг;  $R_1 = 0,05$  м;  $L_1 = 0,6$  м;  $L_2 = 0,28$  м;  $L_3 = 0,28$  м;  $w_1 = 1,0 \cdot 10^4$  Н · м/рад;  $w_2 = 1,0 \cdot 10^4$  Н · м/рад;  $w_3 = 1,0 \cdot 10^6$  Н · м/рад.

В ходе выполнения предварительного анализа было разработана методика моделирования геометрии манипуляционных систем, основанная на использовании двух систем координат, связываемых с каждым звеном. В качестве математического аппарата для описания геометрии манипуляционных систем использованы матрицы  $(4 \times 4)$  преобразования однородных координат, позволяющие выполнить запись кинематических соотношений в форме, удобной для компьютерного моделирования. Для проведения кинематического анализа манипуляционных систем разработаны алгоритмы решения прямой и обратной задач кинематики.

Результат решения обратных задач кинематики для обобщенных координат представлен графиками, иллюстрирующими принятый закон движения в обобщенных координатах.

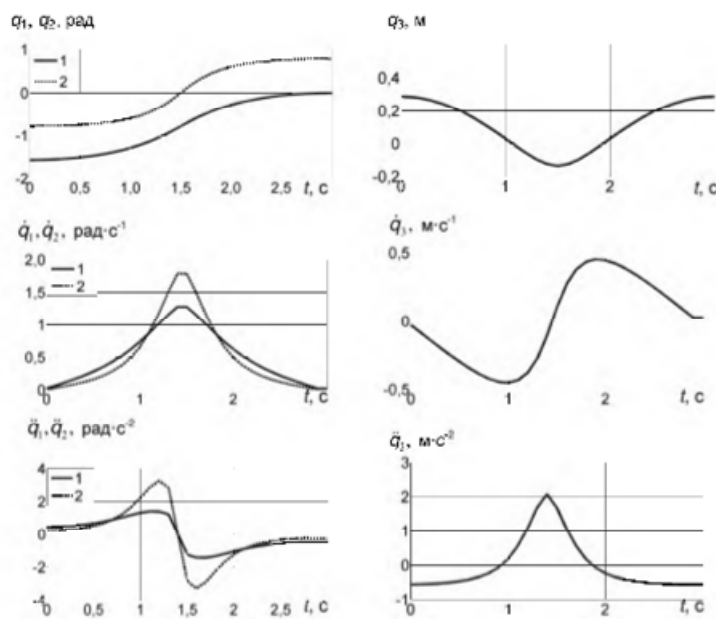


Рис. 3. Графики законов движения обобщенных координат

На основе анализа сил инерции в задаче о движении двух связанных тел предложен подход к проведению оценки влияния сил инерции на динамику манипуляционных систем. Этот подход позволит разработать методики корректирования траекторий движения и выбора оптимальных инерционных параметров манипуляционных систем для обеспечения их быстродействия и грузоподъемности.

При увеличении жесткости механической системы частота упругих колебаний увеличивается. Упругие колебания при коэффициенте жесткости  $w_3 = 1,0 \cdot 10^5$  Н/м представлены на рис. 4, а при  $w_3 = 1,0 \cdot 10^6$  Н/м, на рис. 5.

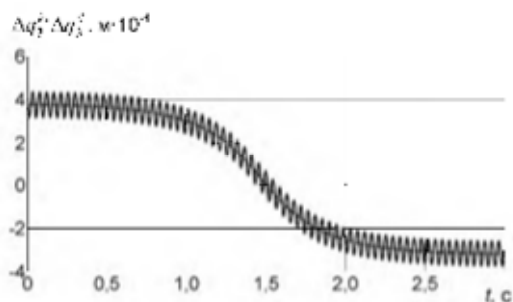


Рис. 4. График упругих колебаний при коэффициенте жесткости  $w_3 = 1,0 \cdot 10^5$  Н/м

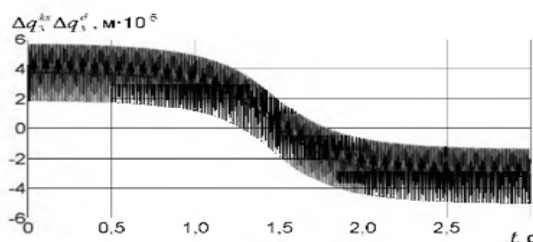


Рис. 5. График упругих колебаний при коэффициенте жесткости  $w_3 = 1,0 \cdot 10^6$  Н/м

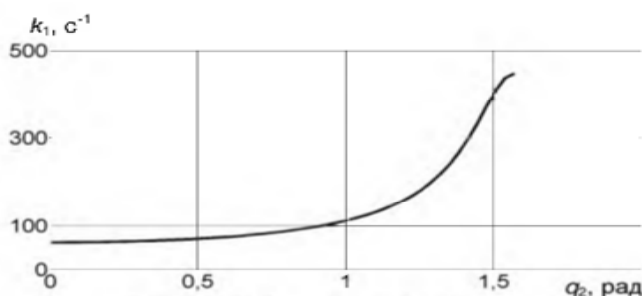


Рис. 6. График зависимости собственной частоты от обобщенных координат

Собственная частота свободных колебаний исследуемой манипуляционной системы зависит от обобщенных координат  $q_2$  и  $q_3$ . Зависимость  $k_{\text{пн}} q_3 = 0$  показана на рис. 6.

## ФИЛЬТР ДЛЯ ОЧИСТКИ ЖИДКОСТЕЙ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

**М. В. Мухарьямов**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», Россия*

Научные руководители: И. М. Соцкая, П. С. Орлов

Разработка относится к устройствам для очистки жидкостей от механических примесей и может быть использована на автотракторной технике, в нефтеперерабатывающей и химической промышленности, в сфере нефтепродуктообеспечения и в других отраслях, связанных с разделением малоконцентрированных суспензий

методом фильтрования, что обусловлено требованиями к чистоте нефтепродуктов, вызванным усложнением конструкции узлов и агрегатов техники, где эти жидкости применяются.

Цель разработки – повышение эффективности фильтра за счет увеличения ресурса работы фильтрующего элемента снижением его гидравлического сопротивления с одновременным упрощением технологии его изготовления и уменьшением количества расходуемого полимерного фильтрующего материала и уменьшением количества деталей фильтра.

Технический результат разработки достигается фильтром для очистки жидкостей, содержащим цилиндрический корпус с днищем и патрубком в центральной части обечайки, крышку с осевым патрубком, двухступенчатый фильтрующий элемент, первая ступень которого выполнена из жесткого крупнопористого полимерного материала, размещенная с кольцевым зазором относительно обечайки корпуса. Вторая ступень размещена коаксиально первой ступени и выполнена из жесткого мелкопористого полимерного материала, при этом размеры пор полимерного материала первой и второй ступеней выбирают по соотношениям:

$$d_{n1} < 3d_{n2}; \quad d_{n2} > \delta; \quad d_{n2} < 3\delta,$$

где  $\delta$  – заданная толщина очистки, мк.

На первой ступени фильтрующего элемента размещена заглушка, герметично закрывающая кольцевой зазор между обечайкой корпуса и первой ступенью фильтрующего элемента с соосным осевому каналу центральным отверстием, в совокупности образуя осевой канал, сообщенный с патрубком в крышке фильтра, внутренняя стенка которого сопряжена со второй ступенью очистки по боковым поверхностям по периметрам больших оснований фильтрующего элемента; входной патрубок расположен по оси верхнего днища цилиндрического корпуса, входя в корпус на 1 см, оба фильтрующих элемента выполнены в виде полых усеченных конусов, угол наклона образующих которых составляет  $30^\circ$  с осью усеченного конуса, при этом фильтрующие элементы обращены малыми основаниями к верхнему днищу корпуса, диаметр отверстия верхнего основания фильтрующего элемента первой ступени соответствует диаметру входного патрубка и надевается на него, диаметр отверстия верхнего основания фильтрующего элемента второй ступени соответствует диаметру нижнего отверстия усеченного конуса фильтрующего элемента первой ступени, а диаметр отверстия нижнего основания фильтрующего элемента второй ступени соответствует диаметру обечайки цилиндрического корпуса и вставляется в него; для периодической очистки фильтрующих элементов предусмотрен пьезоэлектрический ультразвуковой излучатель импульсов, размещенный в верхней трети обечайки цилиндрического корпуса с противоположной стороны патрубка, оборудованного малоинерционным динамическим клапаном в центральной части обечайки, через который отфильтрованная жидкость покидает фильтр; с малоинерционным динамическим клапаном, а герметично закрывающая кольцевой зазор между обечайкой корпуса и первой ступенью фильтрующего элемента заглушка с соосным осевому каналу центральным отверстием выполнена корытообразной формы, обладает буртиком, центрирующим фильтрующий элемент первой ступени и отверстиями в донной части кольцеобразного корыта, закрытыми пластинчатыми клапанами, а осевой патрубок в крышке фильтра снабжен запорным краном [1].

Преимущества предлагаемой конструкции:

1. Фильтрующие элементы обеих ступеней очистки, выполненные в виде полых усеченных конусов и обращенные малыми основаниями к верхнему днищу корпуса,



позволяют постепенно снижать по степенному закону вертикальную составляющую скорости движения фильтруемой жидкости в осевом канале фильтра, способствуя естественному оседанию крупных взвесей в крышку фильтра и облегчает поворот фильтруемой жидкости в направлении фильтрующего элемента первой ступени фильтра.

2. Корытообразная форма заглушки с соосным осевому каналу центральным отверстием, герметично зарывающая кольцевой зазор между обечайкой корпуса и первой ступенью фильтрующего элемента, обеспечивает сбор естественно оседающих взвесей из кольцевого пространства между фильтрующими элементами первой и второй ступеней фильтра.

3. Пьезоэлектрический ультразвуковой генератор импульсов, размещенный в верхней трети обечайки цилиндрического корпуса с противоположной стороны выходного патрубка, предназначен для периодической очистки фильтрующих элементов.

4. Малоинерционный динамический клапан, закрывающийся при подаче импульсов пьезоизлучателем, защищает трубопроводы от гидравлических ударов, возникающих при ультразвуковой очистке фильтрующих элементов.

5. Отверстия в донной части кольцеобразного корыта, закрытые пластинчатыми клапанами, предназначены для удаления осадка из межфильтрового пространства при проведении ультразвуковой чистки фильтрующих элементов, обеспечивая продление ресурса работы фильтра.

6. Форма фильтрующих элементов обеих ступеней очистки, выполненных в виде полых усеченных конусов, обращенных малыми основаниями к верхнему днищу корпуса, позволяет обеспечить беспрепятственное удаление под действием сил гравитации взвесей, загрязняющих фильтры, в крышку фильтра и в кольцеобразное корыто заглушки между обечайкой корпуса и первой ступенью фильтрующего элемента при проведении ультразвуковой очистки фильтрующих элементов.

7. Открытие запорного крана на осевом патрубке на крышке фильтра обеспечивает периодическое удаление загрязняющего осадка из фильтра.

Повышение эффективности разработки достигается использованием фильтра (рис. 1) для очистки жидкостей 1, поступающих через патрубок 2, врезанный по продольной оси в днище 3 цилиндрического корпуса. В центральную часть обечайки 4 цилиндрического корпуса фильтра врезан патрубок 5, через который отфильтрованная жидкость удаляется из фильтра в направлении полой горизонтальной стрелки. Поступившая в фильтр жидкость резко снижает вертикальную скорость перемещения, попадая в расширяющийся осесимметричный канал, образуемый внутренней поверхностью жесткого крупнопористого фильтрующего элемента 6 первой ступени фильтрации, выполненного из полимерного материала в виде полого усеченного конуса, угол наклона образующей которого составляет  $30^\circ$  с осью усеченного конуса, при этом фильтрующий элемент фильтра, обращен малым основанием к верхнему днищу корпуса. Диаметр отверстия верхнего основания фильтрующего элемента первой ступени 6 соответствует диаметру входного патрубка 2 и надет на него.

Резкое падение скорости жидкости, поступивший в фильтр, в расширяющемся осесимметричном канале облегчает ее поворот в направлении фильтрующего элемента 6 первой ступени фильтра.

На первой ступени фильтрующего элемента 6 размещена кольцевая корытообразная заглушка, 9, герметично зарывающая кольцевой зазор между обечайкой корпуса 4 и первой ступенью фильтрующего элемента 6 с соосным осевому каналу центральным отверстием, в совокупности образуя осевой канал, сообщенный с патрубком 15 в крышке 14 фильтра, внутренняя стенка которого сопряжена со второй

ступенью очистки по боковым поверхностям по периметрам больших оснований фильтрующего элемента 7 второй ступени фильтрации. Для восстановления работоспособности «забитого» осадками фильтра (при снижении давления в трубопроводе за фильтром) осуществляется очистка фильтрующих элементов 6 и 7 пьезоэлектрическим ультразвуковым излучателем 10 импульсов, размещенным в верхней трети обечайки цилиндрического корпуса 4 с противоположной стороны выходного патрубка 5, снабженного малоинерционным динамическим клапаном 8, защищающим трубопроводы от гидравлических ударов, возникающих при работе ультразвукового излучателя.

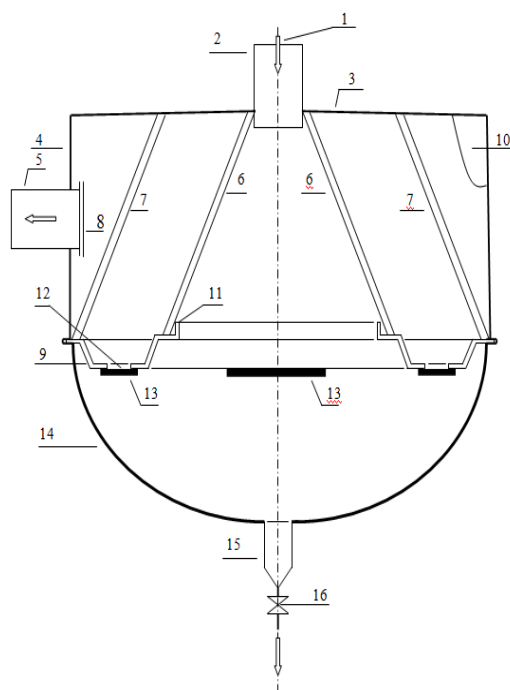


Рис. 1. Фильтр для очистки жидкостей

Герметично зарывающая кольцевой зазор между обечайкой корпуса и первой ступенью фильтрующего элемента кольцевая корытообразной формы заглушка 9 с соосным осевому каналу центральным отверстием снабжена буртиком 11, предназначенным для центрирования фильтрующего элемента первой ступени 6. Отверстия 12 в донной части кольцевой корытообразной заглушки 9, закрыты пластинчатыми клапанами 13, открываемыми при подаче импульсов пьезоизлучателем, обеспечивая удалению загрязнений, накопившихся в корыте кольцевой корытообразной заглушки 9 и в кольцевом зазоре между фильтрующими элементами первой 6 и второй 7 ступенями фильтрации в крышку 14 фильтра.

Крышка фильтра 14 снабжена сливным патрубком 15 и краном 16, позволяющим периодически удалять накопившиеся в крышке фильтра 14 загрязнения.

#### Литература

1. Мухарьямов, М. В. Фильтр для очистки жидкостей : приоритет по заявке на полезную модель № 2014150714 от 17.12.2014 / М. В. Мухарьямов, И. М. Соцкая, П. С. Орлов.

## Секция II МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

---

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАЗОВОГО СОСТАВА НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СМЕСЕВЫХ ПОЛИМЕР-ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ

А. С. Антонов, А. С. Воронцов, В. Ю. Яроцкий, М. А. Копть

*Учреждение образования «Гродненский государственный университет  
имени Янки Купалы», Беларусь*

Научный руководитель В. А. Струк

#### **Введение**

Инновационное развитие машиностроения в последние десятилетия обусловлено значительными успехами в области материаловедения и, в первую очередь, в области создания и исследования композиционных материалов. Особый интерес представляют композиты на основе полимерных материалов, которые обладают широкими возможностями для их модифицирования [1]. С целью создания материалов с заданными свойствами традиционные полимеры смешивают с функциональными компонентами. Как правило, современные композиционные материалы являются многокомпонентными системами. Содержание наполнителей в полимерной композиции может изменяться в очень широких пределах. В зависимости от поставленной задачи, вида компонентов и природы полимерной матрицы содержание может составлять от долей процента до 95 %.

Введением добавок можно направлено изменять физико-механические, теплофизические, оптические, электрические, триботехнические и другие эксплуатационные характеристики исходного (базового) полимера.

Очевидно, что свойства различных композиционных материалов изменяются в зависимости от их состава и структуры. Знание закономерностей влияния добавок позволяет создавать композиции с заданными свойствами, которых не имеет исходный полимер.

Смешение двух или более полимеров – простой и эффективный метод модификации полимеров, обеспечивающий возможность получения изделий с улучшенными свойствами, значительно отличающимися от свойств исходных компонентов. Во многих случаях в результате смешения достигаются уникальные свойства смесевых композиций [2], [3].

В современном полимерном материаловедении существует несколько способов получения смесей полимеров: химический синтез *in situ*, крейзинг, смешение в расплаве, реакционная экструзия [4], метод воздействия высокотемпературных сдвиговых деформаций, механическое смешение полимеров [5], [6].

Механическое смешение полимеров пока не имеет столь широких возможностей для изменения свойств полимеров, как химический синтез, но является более простым путем создания новых полимерных материалов, чем путь химического синтеза.

Для целенаправленного создания новых смесевых полимер-полимерных материалов с заданными свойствами путем совмещения полимеров необходимо знать

теоретические закономерности взаимодействия компонентов, условия смешения, структуру и свойства смесей полимеров.

Целью данной работы являлось исследование влияния фазового состава полимер-полимерных материалов на основе смесей алифатических полиамидов на физико-химические и триботехнические свойства функциональных покрытий, формируемых из этих материалов.

#### Методика исследований

В качестве объектов исследований использовали алифатические полиамиды марок ПА6-210/310 производства ПТК «Химволокно» ОАО «Гродно Азот» и ПА11 под торговой маркой Rilsan<sup>®</sup> производства фирмы Arkema, Франция. Полиамид 11 применяли в состоянии поставки в виде порошка с размером частиц до 80 мкм. Порошок полиамида 6 получали из гранулированного материала, полученного измельчением по криогенной технологии с использованием жидкого азота в качестве хладагента. Размер частиц порошкообразного продукта из ПА6 составлял 80–180 мкм. Механическое смешение полимеров проводили в смесителе барабанного типа до получения однородного состава. Составы смесевых композиций на основе полиамидов представляли собой следующие соотношения компонентов: 1) ПА6/ПА11 (50 : 50); 2) ПА6/ПА11 (60 : 40), 3) ПА6/ПА11 (70 : 30). Функциональные покрытия формировали в псевдооживленном слое порошка на металлических подложках. Толщина покрытий составляла 250–350 мкм.

Адгезионную прочность оценивали методом решетчатых надрезов. Энергетические характеристики материалов покрытий определяли по краевому углу смачивания и фактору растекания капли жидкости. Триботехнические характеристики определяли по схеме «три индентора – по неподвижному диску» на микротрибометре FT-2 при скорости скольжения  $V = 0,016$  м/с и нагрузке  $N = 20$  Н. Испытания на коррозионную стойкость проводили при воздействии соляного тумана в соответствии с ГОСТ 28207–89.

#### Результаты и их обсуждение

Результаты исследований адгезионных и защитных характеристик (табл. 1) показали, что оптимальным сочетанием параметров адгезионной прочности обладают покрытия на основе ПА6 и смесевые композиции ПА6/ПА11 (60 : 40).

Таблица 1

#### Результаты испытаний на адгезионную и коррозионную прочность покрытий

Материал покрытия	Адгезионная прочность, балл
ПА6	1
ПА11	4
ПА6/ПА11 (50 : 50)	3
ПА6/ПА11 (60 : 40)	1
ПА6/ПА11 (70 : 30)	1

Исследование энергетических характеристик покрытий (табл. 2) показало, что использование в составе полиамида 6 частиц полиамида 11 приводит к увеличению олеофобных свойств покрытий, о чем свидетельствует снижение значений краевого угла смачивания капли глицерина  $\theta_2$  и показателей фактора растекания капли глицерина  $\alpha_2$ .

**Значения краевого угла смачивания и показателей фактора растекания капли жидкости**

Материал подложки	Краевой угол смачивания		Фактор растекания	
	дистиллированной воды $\theta_1$ , град	глицерина $\theta_2$ , град	дистиллированной воды $\alpha_1$	глицерина $\alpha_2$
ПА6	52	62	0,72	0,85
ПА 11	46	48	0,64	0,66
ПА6/ПА11 (50 : 50)	54	50	0,75	0,69
ПА6/ПА11 (60 : 40)	55	49	0,76	0,68
ПА6/ПА11 (70 : 30)	59	49	0,81	0,68

Результаты триботехнических испытаний (рис. 1) показали, что совмещение полиамида 11 с матричным компонентом в виде полиамида 6 оказывает благоприятное воздействие на коэффициент трения и износостойкость функциональных покрытий из смесей алифатических полиамидов.

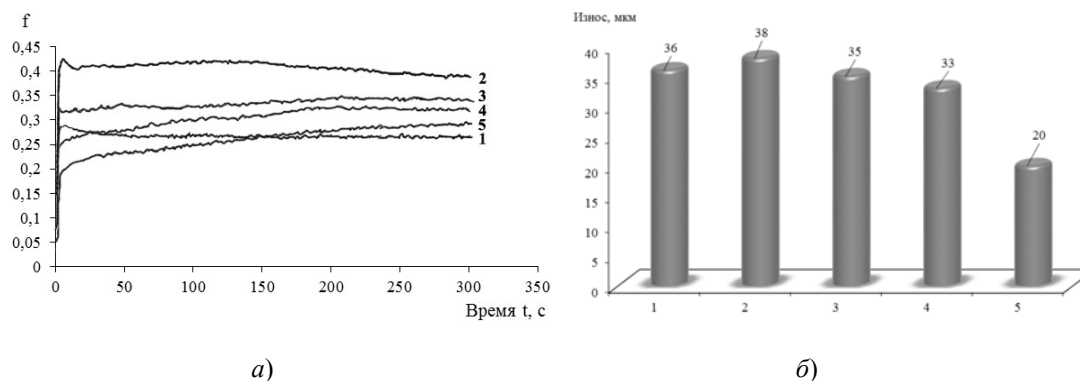


Рис. 1. Зависимость триботехнических характеристик от времени для покрытий из смесей алифатических полиамидов:

*a* – коэффициент трения; *б* – износ: 1 – ПА11; 2 – ПА6; 3 – ПА6/ПА11 (70 : 30); 4 – ПА6/ПА11 (60 : 40); 5 – ПА6/ПА11 (50 : 50)

### Заключение

Разработанные составы композиций на основе смесей алифатических полиамидов имеют улучшенные показатели триботехнических характеристик по сравнению с ненаполненными полиамидами. Наиболее благоприятным сочетанием триботехнических, адгезионных и защитных свойств обладают составы смесевых композиций ПА6/ПА11 (60 : 40). Данные составы материалов на основе смесей термопластов можно рекомендовать в качестве составов для формирования функциональных покрытий в тяжело нагруженных узлах трения, например, шлицевых втулках карданных валов.

*Работы выполнялись при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в рамках договора № Т14М-079 «Разработка составов и технологий композиционных материалов на основе смесевых полимер-полимерных систем и исследование зависимости свойств композитов от их состава и фазовой структуры» от 23.05.2014 г.*

## Литература

1. Композиционные материалы на основе совмещенных матриц для защитных покрытий / Л. В. Ахмадиева [и др.] ; под науч. ред. В. А. Струка. – Гродно : ГГАУ, 2009. – 530 с.
2. Кулезнев, В. Н. Смеси и сплавы полимеров / В. Н. Кулезнев. – СПб. : Науч. основы и технологии, 2013. – 216 с.
3. Кахраманлы, Ю. Н. Несовместимые полимерные смеси и композиционные материалы на их основе / Ю. Н. Кахраманлы ; науч. ред. А. Г. Азизов. – Баку : Элм, 2013. – 152 с.
4. Песецкий, С. С. Смесеые полиамидные композиции и технология их получения / С. С. Песецкий, А. А. Богославский // Материалы, технологии, инструменты. – 1999. – Т. 4. – № 2. – С. 27–38.
5. Струк, В. А. Структура композиционных материалов на основе механических смесей термопластов / В. А. Струк, А. А. Война // Пластические массы. – 1985. – № 12. – С. 37–38.
6. Антонов, А. С. Влияние наполнителей на триботехнические свойства смесевых композиций на основе термопластов / А. С. Антонов, Г. С. Кондрашова, А. А. Скаскевич // Весн. Гродз. дзярж. ўн-та імя Я. Купалы. Серыя 6, Тэхніка. – 2013. – № 4. – С. 36–42.

**СОСТАВЫ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИАМИДОВ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ  
ПОКРЫТИЙ ДЕТАЛЕЙ УЗЛОВ ТРЕНИЯ****А. С. Антонов, А. С. Воронцов, О. С. Валюкевич***Учреждение образования «Гродненский государственный университет  
имени Янки Купалы», Беларусь*

Научный руководитель В. А. Струк

**Введение**

Выход из строя деталей и механизмов машин в основном обусловлен процессами изнашивания и коррозии. Наиболее распространенной причиной выхода деталей и механизмов машин из строя является износ и повреждение рабочих поверхностей в узлах трения. Одним из наиболее эффективных технологических путей повышения надежности работы деталей машин и механизмов является нанесение на рабочую поверхность изделий функциональных покрытий. Большой выбор материалов, используемых для создания покрытий, позволяет обеспечить заданные свойства поверхности (или комплекс свойств) для любых деталей современного машиностроения. Традиционные конструкционные материалы не всегда способны удовлетворить требованиям, предъявляемым к деталям машин и механизмов, работающих в экстремальных условиях эксплуатации. Поэтому особый интерес представляют исследования и разработки методов нанесения покрытий целевого назначения (функциональных покрытий), обеспечивающие высокие характеристики поверхности детали при незначительном расходе материала покрытия.

В современном машиностроении для формирования и восстановления поверхностей деталей трения и защиты их от коррозионно-механического изнашивания наиболее широкое применение в качестве функциональных покрытий находят полимерные материалы благодаря сочетанию высоких показателей триботехнических, физико-химических, деформационно-прочностных характеристик. Наиболее востребованными материалами в этом случае являются полиамид, полиэтилен и поливинилхлорид. Наиболее распространенными технологиями нанесения покрытий на основе полимерных матриц являются: растворная, электростатическое напыление, газопламенное напыление, осаждение из псевдооживленного слоя, ротационная, напыление из суспензий с последующим отверждением и др. [1], [2].

Целью данной работы являлась разработка композиционных материалов на основе полиамидов для функциональных покрытий деталей узлов трения и исследование их физико-механических и триботехнических свойств.

#### Методика исследований

В качестве объекта исследований использовали алифатические полиамиды марок ПА11 под торговой маркой Rilsan® (Arkema, Франция) и ПА6-210/310 производства ПТК «Химволокно» ОАО «Гродно Азот». Для модифицирования полиамидов применяли частицы пылевидного графита ТУ 48-4802-20-90 производства ООО «ГрафитЭл – Московский Электродный Завод». Размеры частиц порошкообразных компонентов составляли: для ПА11 – до 80 мкм, ПА6 – 80–180 мкм, графита – до 90 мкм. Компоненты композиционного материала перемешивали в смесителе барабанного типа до получения однородного состава. Композиты на основе полиамида 6 формировали следующих составов: 1) ПА6 + 0,1 мас. % графита; 2) ПА6 + 0,5 мас. % графита. С целью образования на поверхности образцов защитных покрытий и увеличения их адгезионных характеристик предварительно наносили фосфатный слой. Толщина формируемых композиционных покрытий составляла 250–350 мкм. Формирование покрытий осуществляли методом псевдооживленного осаждения.

Адгезионную прочность сформированных покрытий оценивали методом решетчатых надрезов. Энергетические характеристики поверхностного слоя покрытий определяли по краевому углу смачивания полярной и неполярной жидкостями. Триботехнические характеристики определяли по схеме «три индентора – по неподвижному диску» на микротрибометре FT-2 при скорости скольжения  $V = 0,016$  м/с и нагрузке  $N = 20$  Н. Испытания на коррозионную стойкость проводили при воздействии соляного тумана в соответствии с ГОСТ 28207–89.

#### Результаты и их обсуждение

Низкий коэффициент трения графита обусловлен особенностями организации его слоистой структуры и низкой энергией связи в межслойном пространстве. При воздействии сдвиговых напряжений слои перемещаются относительно друг друга, обеспечивая низкий коэффициент трения в зоне контакта. Полимеры с такими наполнителями можно применять без специальных прекурсоров, поскольку сами наполнители являются хорошими смазками.

Исследования показали, что при введении в композиционный материал на основе полиамидов графита более 1 мас. % наблюдается значительное уменьшение адгезионной прочности формируемых покрытий, в некоторых случаях (при введении 5 мас. % и более) наблюдаются отслоения покрытий от металлических подложек.

Результаты адгезионного взаимодействия полимерных покрытий со стальным субстратом (табл. 1) показали, что наилучшими значениями адгезионной прочности обладает композит ПА6 + 0,1 мас. % графита.

Результаты исследований энергетических характеристик покрытий (табл. 2) свидетельствуют об увеличении олеофобных свойств покрытий при введении в композит на основе ПА6 частиц графита. Наблюдается снижение краевого угла смачивания глицерином  $\theta_2$  покрытий из модифицированного графитом полиамида 6 по сравнению с ненаполненным, о чем также свидетельствует снижение показателей фактора растекания капли глицерина  $\alpha_2$  (рис. 1).

Таблица 1

## Результаты испытаний на адгезионную прочность

Материал покрытия	Адгезионная прочность, балл
ПА6	1
ПА11	2
ПА6 + 0,1 мас. % графита	1
ПА6 + 0,5 мас. % графита	3

Таблица 2

## Энергетические характеристики покрытий

Материал подложки	$\theta_1$ , град	$\theta_2$ , град	Дисперсный компонент $\times 10^{-5}$ , Дж/м <sup>2</sup>	Полярный компонент $\times 10^{-5}$ , Дж/м <sup>2</sup>	Поверхностная энергия $\times 10^{-5}$ , Дж/м <sup>2</sup>
ПА 6	52	62	11,2	204,1	215,3
ПА 11	46	48	41,6	170,5	212,1
ПА6 + 0,1 мас. % графита	62	55	72,3	88,7	161,0
ПА6 + 0,5 мас. % графита	65	56	82,1	73,6	155,7

Примечание:  $\theta_1$  – краевой угол смачивания дистиллированной водой;  $\theta_2$  – краевой угол смачивания глицерином.

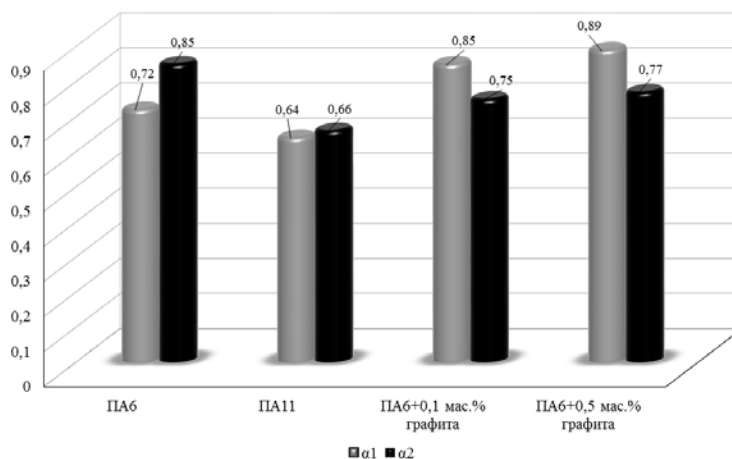


Рис. 1. Значения показателей фактора растекания капли жидкости для композиционных покрытий на основе ПА6:  $\alpha_1$  – смачивание дистиллированной водой;  $\alpha_2$  – смачивание глицерином

Результаты триботехнических испытаний (рис. 2) показали, что введение графита в состав полиамида 6 оказывает благоприятное модифицирующее воздействие на коэффициент трения и износостойкость функциональных покрытий, снижая вышеприведенные показатели соответственно в 2 раза по коэффициенту трения и на 20 % по износостойкости.



Оптимальным сочетанием показателей триботехнических, адгезионных и защитных характеристик обладают покрытия из композиционного материала ПА6 + 0,1 мас. % графита.

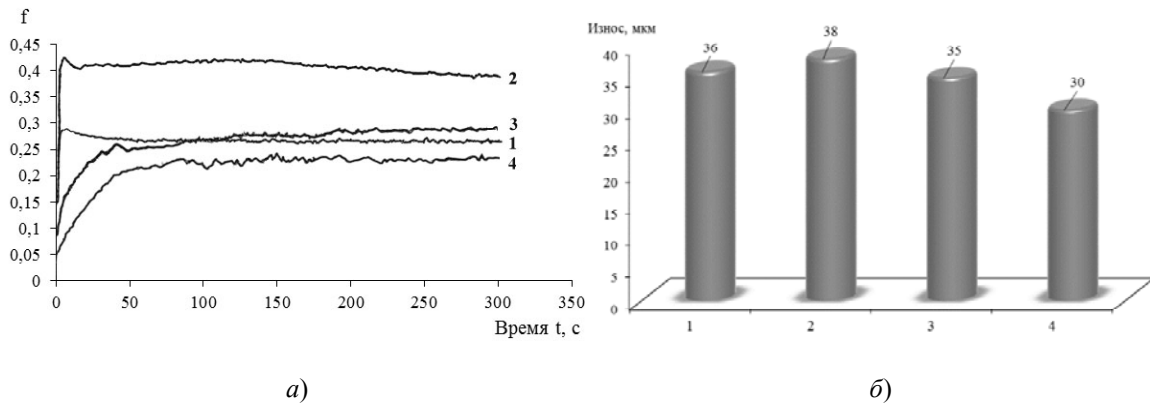


Рис. 2. Зависимость триботехнических характеристик композиционных покрытий на основе алифатических полиамидов от условий трения: а – коэффициент трения; б – износ: 1 – ПА11; 2 – ПА6; 3 – ПА6 + 0,1 мас. % графита; 4 – ПА6 + 0,5 мас. % графита

### Заключение

Составы функциональных композиционных покрытий на основе полиамида 6, модифицированного графитом в количестве 0,5 мас. %, целесообразно рекомендовать в качестве покрытий шлицевых втулок карданных валов, способных обеспечить замену импортного аналога французского производства – Rilsan®.

### Литература

1. Карданные передачи: конструкции, материалы, применение / В. И. Кравченко, Г. А. Костюкович, В. А. Струк ; под ред. В. А. Струка. – Минск : Технопринт, 2006. – 410 с.
2. Прогрессивные технологии нанесения покрытий / С. В. Авдейчик [и др.] ; под ред. А. В. Киричека. – М. : Спектр, 2012. – 269 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ ПРОШИВКЕ ЗАГОТОВОК В ДВУХВАЛКОВОМ СТАНЕ ПОПЕРЕЧНО-ВИНТОВОЙ ПРОКАТКИ НА ПРИМЕРЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОШИВНЫХ ОПРАВОК ДИАМЕТРОМ 120 ММ

Ю. Л. Герасимов

ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания», г. Жлобин

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

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

Получение гильз или полых трубных заготовок является первой прокатной операцией в технологии получения горячекатаных бесшовных труб. Качество получаемой гильзы значительно влияет на качество готовых 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, причем основная деформация сконцентрирована на прошивной оправке.

Целью данной работы было исследование напряженного состояния в материале заготовки при их прошивке в двухвалковом стане поперечно-винтовой прокатки на оправках  $\varnothing 120$  мм с более рациональной калибровкой на основе конечно-элементного моделирования.

В целях уменьшения винтового следа на оправках было предложено уменьшить угол раскатного конуса с  $5^{\circ}3'$  до  $5^{\circ}$ , а также увеличить его длину с 60 до 70 мм. По причине концентрации основной нагрузки при прошивке на носике оправки и частого его оплавления было решено от него отказаться. В целом, общая длина рабочей поверхности оправки была уменьшена, что также позволит снизить обжатия в перережиме.

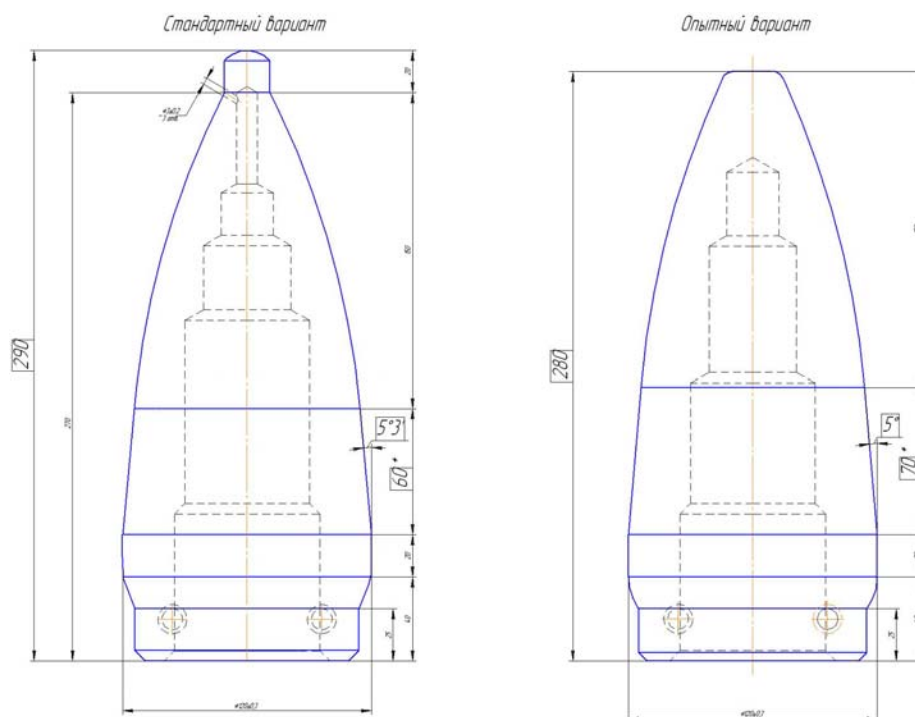


Рис. 1. Изменение геометрических размеров прошивной оправки  $\varnothing 120$  мм

По результатам расчетов методом конечных элементов была получена картина распределения напряжений в очаге деформации при прошивке на оправках  $\varnothing 120$  мм с измененной геометрией, представленная на рис. 2.

Полученные данные в дальнейшем позволят более наглядно описать картину формоизменения металла в очаге деформации и разработать рекомендации по оптимизации процесса прошивки в двухвалковом стане поперечно-винтовой прокатки.

В результате проведения промышленных испытаний прошивных оправок  $\varnothing 120$  мм с измененной геометрией в условиях трубопрокатного цеха ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» стойкость экспериментальных оправок составила 49 и 55 условных проходов, при этом стойкость стандартных оправок  $\varnothing 120$  мм составила 42–55 условных проходов (см. таблицу).

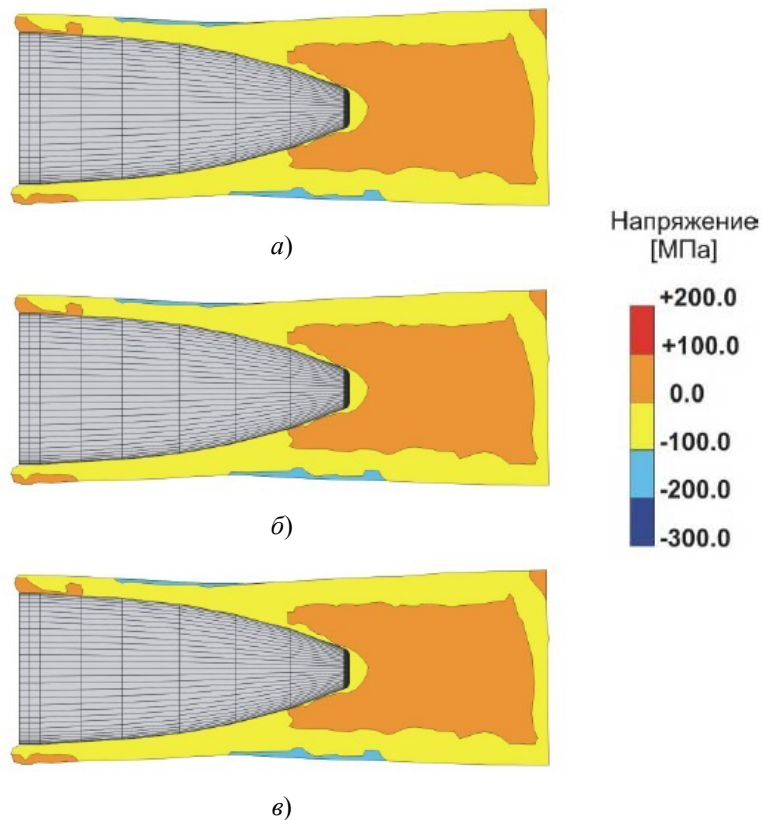


Рис. 2. Распределение напряжений в очаге деформации при прошивке на оправках  $\text{Ø}120$  мм с измененной геометрией:  
 а – поперечное напряжение  $\sigma_{xx}$ ; б – осевое напряжение  $\sigma_{zz}$ ;  
 в – вертикальное напряжение  $\sigma_{yy}$ .

### Сравнительная стойкость прошивных оправок $\text{Ø}120$ мм

Наименование	Суммарное количество проходов	Условное количество проходов
Опытная оправка № 001	71	49
Опытная оправка № 002	80	55
Стандартные оправки	60	55
	48	50
	40	42

Экспериментальные оправки были выведены из строя по причине небольшой деформации носика, грубых дефектов износа на их поверхности обнаружено не было. Внешний вид данных оправок приведен на рис. 3 и 4.

По итогам кампании проката с использованием прошивных оправок  $\text{Ø}120$  мм с измененной геометрией геометрические размеры прокатанных труб находились в допустимых значениях, настройки раскатного и редуционно-растяжного станов соответствовали таблицам прокатки, отбраковка по несоответствию геометрических размеров отсутствовала.



Рис. 3. Износ опытной оправки № 001 после 71 прохода



Рис. 4. Износ опытной оправки № 002 после 80 проходов

Также были проанализированы графики нагрузок приводов прошивного стана, представленные на рис. 5.

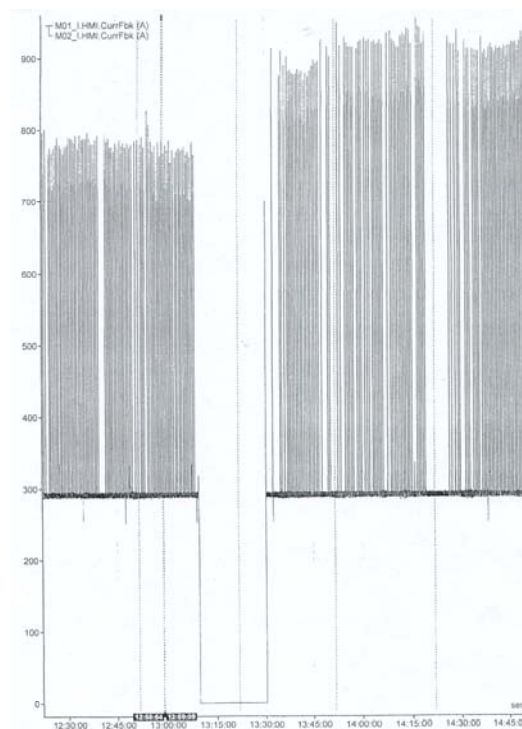


Рис. 5. График распределения нагрузок на привод прошивного стана

Из представленного графика видно, что при использовании экспериментальных оправок нагрузки на привод ниже на 15 %, чем при использовании стандартных оправок. Следовательно, энергопотребление при использовании экспериментальных оправок должно быть ниже.

#### **Заключение**

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- Анализ данных, полученных в результате конечно-элементного моделирования, а также возможность их дальнейшей обработки, позволят оценивать влияние параметров настройки прошивного стана и калибровки прошивного инструмента на напряженно-деформируемое состояние заготовок и их качество, а также разрабатывать рекомендации по повышению эффективности производства трубных заготовок.

- Стойкость экспериментальных прошивных оправок не ухудшилась и составила 49 и 55 условных проходов (стойкость стандартных оправок Ø120 мм при этом составила 42–55 условных проходов).

- При использовании экспериментальных оправок наблюдается снижение энергопотребления по сравнению с использованием стандартных оправок.

- Внесение изменений в геометрические параметры прошивных оправок Ø120 мм повлекло за собой снижение материалоемкости их изготовления, и, как следствие, снижение цены прошивных оправок и себестоимость изготовления труб.

#### **Литература**

1. Вавилкин, Н. М. Прошивная оправка / Н. М. Вавилкин, В. В. Бухмиров. – М. : МИСИС, 2000.
2. Потапов, И. Н. Технология винтовой прокатки / И. Н. Потапов, П. И. Полухин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Metallurgia, 1990.
3. Тетерин, П. К. Теория поперечной и винтовой прокатки / П. К. Тетерин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Metallurgia, 1983.
4. Трубное производство : учебник / Б. А. Романцев [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : МИСиС, 2011. – 970 с.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА РОЛИКА ОБРАТНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ДЛЯ КАНАТНОЙ МАШИНЫ В УЗЛЕ НАМОТА МЕТАЛЛОКОРДА**

**Ю. В. Мартьянов**

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

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

В современных условиях ужесточилось требование к значению прямолинейности металлокорда в связи с ростом степени автоматизации производства шин и резинового полотна. Цель исследования: определить влияние ролика обратной деформации на прямолинейность металлокорда и оптимальный диаметр этого ролика.

Отклонение от нормируемой прямолинейности зависит от неравномерности деформации проволок в процессе свивки и намота, а также от релаксации возникающих напряжений. Для выравнивания распределения напряжений и приближения их к осесимметричному виду рекомендуется использовать специальный дополнительный ролик, который находится на канатной машине непосредственно перед приемной катушкой в узле намота металлокорда. Принцип работы данного ролика заключается в обратном изгибе металлокорда с созданием необходимых осевых смещений проволок. Эти смещения позволят повысить степень равномерности контактного взаимодействия между отдельными проволоками.

Принцип действия ролика обратной деформации, а также схема изгиба металлокорда представлены на рис. 1.

В результате численного моделирования изгиба металлокорда на условном ролике диаметром 80 мм были получены данные по осевым смещениям проволок в металлокорде. На рис. 2 представлен фрагмент металлокорда при изгибе на ролике обратной деформации.

На рисунке видно, что максимальные растягивающие напряжения возникают в области поверхности проволоки металлокорда, местоположение которой определяется контактом проволоки металлокорда с поверхностью ролика обратной деформации (РОД) с одной стороны и с поверхностью второй проволоки с другой стороны. В случае достижения в этой области напряжений, равных пределу текучести, произойдет пластическая деформация металлокорда, что недопустимо. В рассмотренной области величина растягивающих напряжений не должна превышать рекомендуемых напряжений  $0,7\sigma_B$ . Превышение напряжений выше этого порога вызывает пластические деформации в поверхностных слоях проволоки. Это положение доказано в опытах по волочению проволоки с растяжением. При достижении в поверхностных слоях проволоки максимально допустимых растягивающих напряжений осевое смещение проволок будет максимально. В данной ситуации рекомендуется ограничивать диаметр ролика обратной деформации воздействием на проволоки металлокорда не более  $0,7\sigma_B$ .

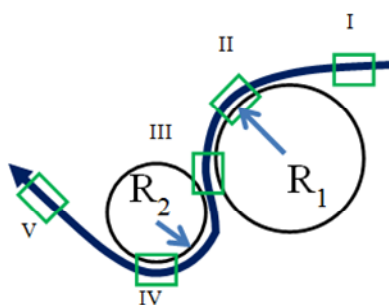


Рис. 1. Схема изгиба металлокорда на ролике обратной деформации перед намоткой на катушку:

$R_1$  – радиус направляющего ролика;  $R_2$  – радиус ролика обратной деформации; I – фрагмент металлокорда перед изгибом на направляющем ролике; II – фрагмент металлокорда с изгибом на направляющем ролике; III – фрагмент металлокорда между направляющим роликом и роликом обратной деформации; IV – фрагмент металлокорда с изгибом на ролике обратного действия; V – фрагмент металлокорда перед намоткой на катушку

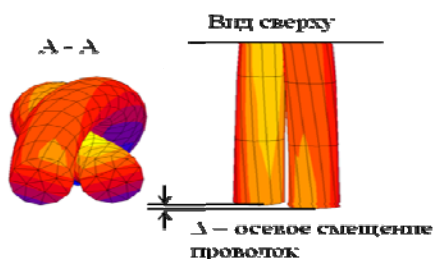


Рис. 2. Осевое смещение проволок в металлокорде при его изгибе на ролике обратной деформации

В результате численного моделирования был построен график для определения оптимального диаметра РОДа для металлокорда конструкции 2x0,30НТ. Данный график представлен на рис. 3.

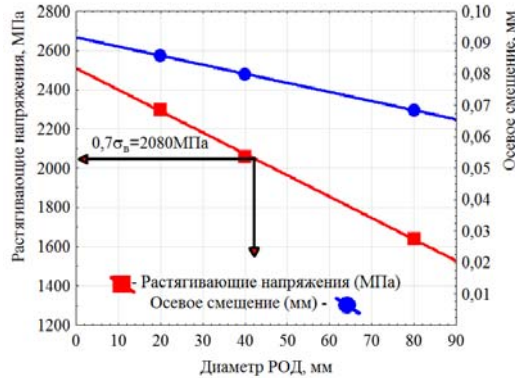


Рис. 3. Определение минимально допустимого диаметра РОДа для металлокорда 2x0,30НТ

Чтобы пользоваться данным графиком, необходимо знать предел прочности проволок металлокорда. Вычислив  $0,7\sigma_b$  и уменьшив полученное значение на 5–7 %, необходимо найти полученное значение на оси ординат и провести горизонтальную линию до пересечения с графиком. Далее от пересечения провести вертикальную линию и опустить ее на ось абсцисс. Таким образом можно найти необходимый диаметр ролика обратной деформации для эффективного улучшения и повышения прямолинейности металлокорда.

С целью исключения необходимости выполнения численного моделирования для каждой конструкции металлокорда было найдено аналитическое решение этой задачи. Схема аналитического решения представлена на рис. 4. При решении задачи изгиба металлокорда на ролике обратной деформации были приняты следующие допущения: металлокорд принимается сплошным телом; сила натяжения  $F = \text{const}$ ; максимальные изгибающие напряжения находятся в «заделке».

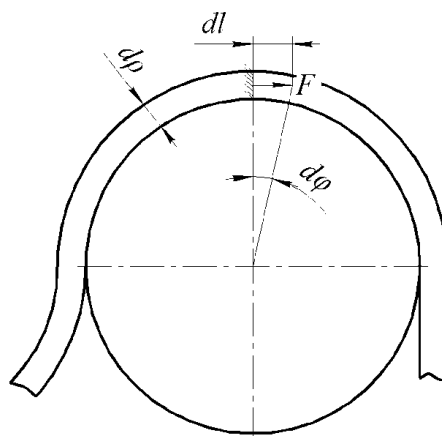


Рис. 4. Схема для аналитического решения задачи изгиба металлокорда на РОД

Полученное выражение имеет вид:

$$\sigma = \iint \frac{F \sin(\varphi) \operatorname{tg}(\varphi) \left( \frac{D_{\text{РОД}}}{2} + \rho \right)}{0,1\rho^3} d\rho d\varphi,$$

где  $F$  – сила натяжения металлокорда при намотке на катушку, Н;  $D_{\text{РОД}}$  – диаметр РОД, мм;  $\rho$  – диаметр металлокорда, мм.

Полученное аналитическое решение и численное моделирование для металлокорда 2×0,30НТ показано на рис. 5.

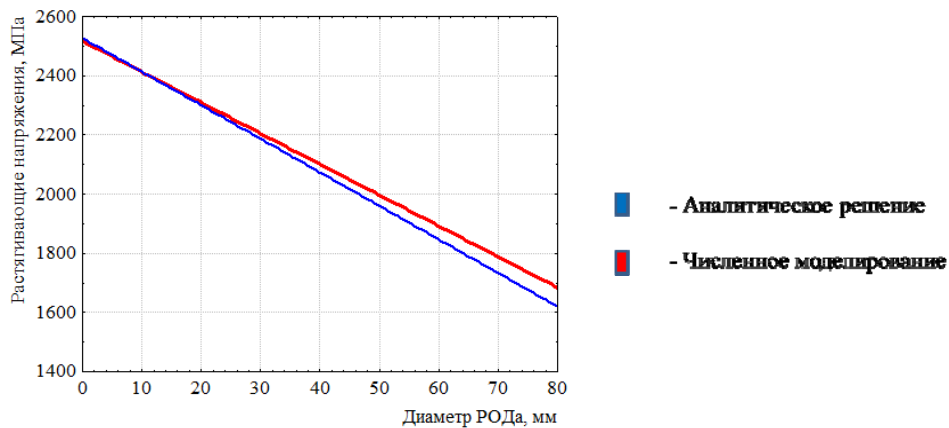


Рис. 5. Аналитическое решение и численное моделирование задачи изгиба металлокорда 2×0,30НТ на РОД

Аналитическое решение имеет расхождение с математическим моделированием в численных значениях менее 10 %. Исходя из этого, можно считать решение аналитической задачи верным и пригодным для применения диаметров роликов обратной деформации для разных конструкций металлокорда.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РАСКАТКИ ГИЛЬЗ НА ТРЕХВАЛКОВОМ НЕПРЕРЫВНОМ СТАНЕ

М. В. Петренко

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

Научные руководители: Ю. Л. Бобарикин, Я. И. Радькин

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 трубопрокатном производстве является получение черновой трубы раскаткой гильзы на раскатном стане. Раскатка осуществляется деформацией стенки трубы между оправкой и прокатными валками в нескольких прокатных клетях, обеспечивающее равномерное обжатие



стенки трубы. Перед подачей заготовки в валки в нее вводится длинная цилиндрическая оправка, которая движется в очаге деформации вместе с заготовкой. Диаметр оправки определяет внутренний диаметр трубы, а последовательно расположенные круглые калибры, уменьшающиеся в размерах по ходу прокатки, обеспечивают получение необходимого наружного диаметра.

Основной проблемой этого процесса остается неравномерный износ калибров валков раскатного стана, снижающий эффективность производства.

Цель работы – определить оптимальные геометрические и деформационные параметры раскатного стана, что позволит добиться более равномерного распределения нагрузки между клетями.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

1. Разработать численную модель процесса раскатки, позволяющую определять деформационные и силовые параметры процесса раскатки.

2. Разработать методику расчета геометрических параметров рабочей части валков непрерывного раскатного стана.

3. Определить оптимальные деформационные и геометрические параметры трехвалкового непрерывного раскатного стана, повышающие равномерность износа валков.

В данной работе исследуется технологический процесс раскатки гильзы на трехвалковом пятиклетевом стане PQF.

Процесс PQF основан на принципе непрерывной прокатки с особенностью придания оправке определенной скорости плавания при прокатке, что и является отличием от традиционного непрерывного прокатного стана, в котором скорость плавания оправки свободна и не регулируется.

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.

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

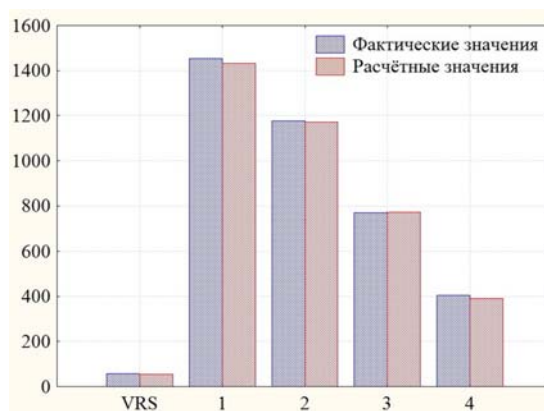


Рис. 1. Сравнение фактических и расчетных значений параметров прокатки

Исходя из данных, представленных на гистограмме на рис. 1, можно увидеть, что наиболее нагруженная 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 необходимо оптимизировать их деформационные параметры путем изменения зазоров между валками.

На базе кафедры «МиПП» разработана аналитическая методика расчета геометрических, силовых и скоростных параметров процесса раскатки на стане PQF.

Данная методика включает расчеты:

- расчет деформационных параметров;
- определение размеров калибров;
- расчет скоростных режимов прокатки и коэффициентов контактного трения;
- расчет параметров очага деформации;
- расчет давления, усилия, момента и мощности прокатки.

На основе полученного алгоритма расчета на кафедре «МиПП» разрабатывается программный продукт для расчета калибровки и определения силовых, скоростных и деформационных параметров процесса раскатки на трехвалковом непрерывном раскатном стане (рис. 2).

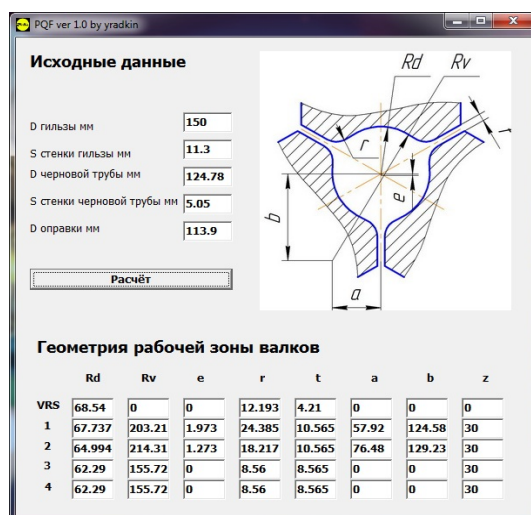


Рис. 2. Интерфейс программного продукта

По разработанной методике были рассчитаны новые геометрические параметры калибров валков при одинаковом межвалковом зазоре для базовой и новой калибровки.

Результаты расчетов геометрических параметров калибров сведены в таблицу. В ней также представлено сравнение калибровки, полученной в результате аналитического расчета и базовой калибровки, применяемой на действующем раскатном стане PQF.

## Сравнение геометрических параметров расчетной и действующей калибровки стана PQF для заготовок диаметром 140 мм

Параметр	Номер клетки							
	VRS		1		2		3, 4	
	Базовая	Расчетная	Базовая	Расчетная	Базовая	Расчетная	Базовая	Расчетная
$Rd$ , мм	76,17	68,54	65,85	67,737	63,95	64,944	62,5	62,29
$Rv$ , мм	0	0	197,55	203,211	211,05	214,31	156,25	155,72
$e$ , мм	4,17	0	2	1,973	1,35	1,273	0	0
$r$ , мм	8	12,193	23,5	24,385	16,9	18,217	8	8,565
$t$ , мм	3	0	10	10,56	10	10,56	8	8,56
$a$ , мм	0	0	64,11	57,92	72,201	76,48	46,875	76,28
$b$ , мм	0	0	117,04	124,58	129,51	129,23	81,19	80,33

После чего был произведен анализ сравнения усилий, действующих на клетки базовой и расчетной калибровки, а также процесса раскатки с базовой калибровкой, но с измененными зазорами, показавшими наилучший результат (рис. 3).

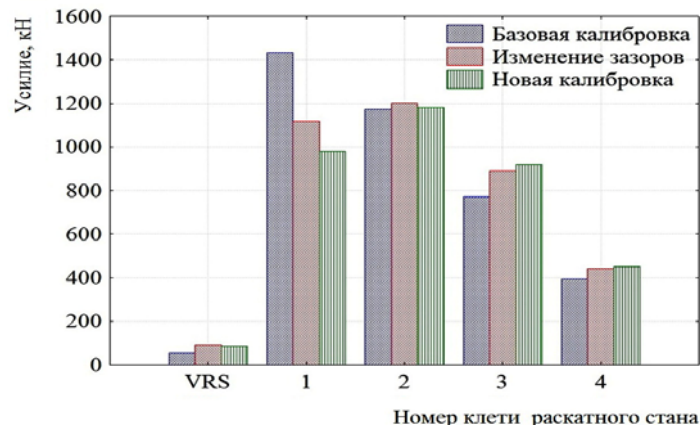


Рис. 3. Сравнение результатов численного моделирования

Как видно из представленного графика, нагрузка, действующая на первую наиболее нагруженную клетку, снизилась, и наблюдается более равномерное распределение нагрузок между остальными клетками, что должно привести к увеличению их стойкости.

Таким образом, использование современных численных методов построения адекватных численных моделей технологических процессов, а также современные вычислительные технологии позволяют значительно сокращать затраты и время на разработку и внедрение новых технологий, так как дают возможность обходиться без натуральных экспериментов на начальных этапах проектирования.

В данной работе были получены следующие результаты:

1. Разработана адекватная численная модель процесса раскатки черновых труб.
2. Определены оптимальные деформационные и геометрические параметры непрерывного раскатного стана PQF, повышающие равномерность износа валков.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОШИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

К. В. Гавриловец, А. В. Стрельченко

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

Научные руководители: Ю. Л. Бобарикин, Я. И. Радькин

При изготовлении бесшовных труб одной из основных операций является прошивка слитка или заготовки в гильзу, т. е. получение толстостенной трубы. Изготовление пустотелой гильзы является очень ответственной операцией, от которой зависят качество готовых изделий и производительность прокатных установок. Прошивку заготовки выполняют на станах, которые по своей конструкции делятся на валковые с косо расположенными валками; дисковые и с грибовидными валками.

Очень важной задачей является увеличение стойкости инструмента, а именно прошивной оправки и валков, так как они подвергаются высоким термической и силовым нагрузкам в процессе получения полой заготовки.

Цель работы – определение таких параметров процесса получения полой заготовки и определение оптимальной геометрии прошивной оправки, при которых нагрузка на инструмент будет минимальной.

Для решения поставленной задачи был использован метод численного моделирования, так как он позволяет строить адекватные виртуальные модели процессов металлообработки, в том числе процесс прокатки труб. В результате отпадает необходимость в высоких затратах на натуральный эксперимент, так как выполняется виртуальный эксперимент. Точность численных расчетов значительно превышает точность аналитического подхода.

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.

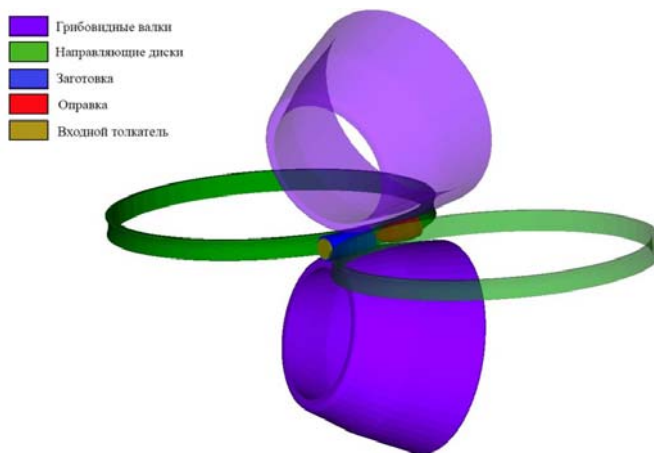


Рис. 1. Геометрическая модель процесса прошивки

Адекватность модели доказана сравнением расчетных и фактических значений силовых и геометрических параметров прокатки.

В процессе прошивки именно прошивная оправка подвергается наибольшему нагреву и наибольшим усилиям со стороны обрабатываемого материала. Наибольшие термические напряжения возникают при первом контакте не разогретой оправки и заготовки, так как имеет место большая разность температур. Значение термических напряжений может быть равным либо превышать усилие, действующее на оправку со стороны нагретой заготовки.

В ходе исследований был проведен ряд численных экспериментов процесса прошивки при одинаковых условия прокатки для получения гильзы с толщиной стенки 11,5 мм и наружным диаметром 150 мм, но с использованием различных прошивных оправок. Оправки № 1 и 2 используются непосредственно в производстве, а оправка № 3 – это вариант оправки, предлагаемый как оптимизационный.

**Геометрические параметры прошивных оправок**

Параметр	Оправка № 1	Оправка № 2	Оправка № 3
Длина сферического участка, мм	150	140	150
Радиус сферического участка, мм	437,1	295,2	425
Длина конического участка, мм	70	70	60
Угол конического участка, °	5,3	3,36	5
Выдвижение оправки за пережим, мм	90	83	104
Диаметр оправки, мм	120	120	118
Длина оправки, мм	310	290	272

На рис. 2 наглядно представлены изменения формы заготовки в процессе прошивки в продольных и поперечных сечениях (для ясности картины валки и направляющие диски на рисунке не изображены).

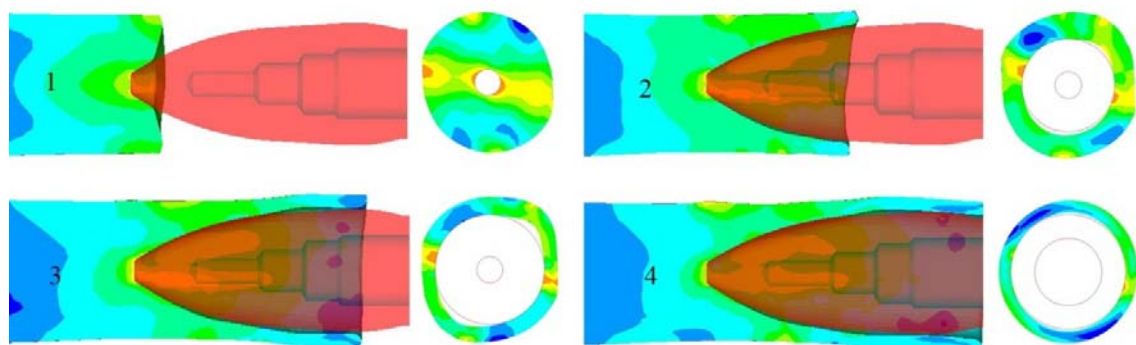


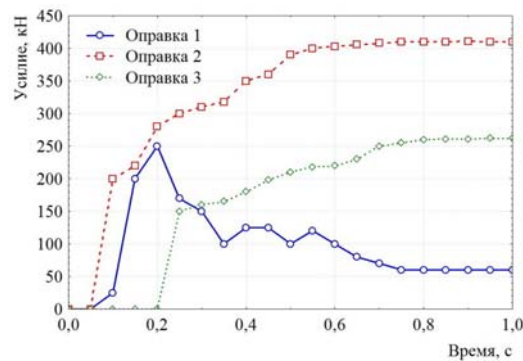
Рис. 2. Этапы формирования полой заготовки

Модель позволяет определить напряжения и температуры, возникающие в очаге деформации заготовки. Однако интерес представляет определение силовых и температурных параметров, действующих на инструмент, а конкретно – на прошивную оправку.

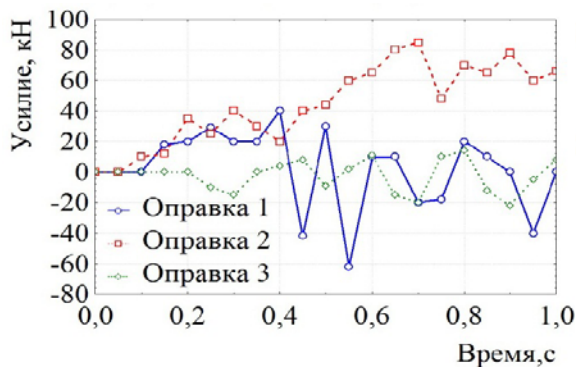
Ниже представлен график сравнения усилий, действующих на прошивную оправку. В направлении оси  $X$  (рис. 3, *а*), вдоль оси прошивной оправки, максимальное усилие при установившемся режиме прошивки показал процесс с оправкой № 2  $F_x = 420$  кН. Усилие снизится на 140 кН в случае использования оправки № 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. 3, *б*) и в направлении оси  $Z$  на направляющие диски (рис. 3, *в*).

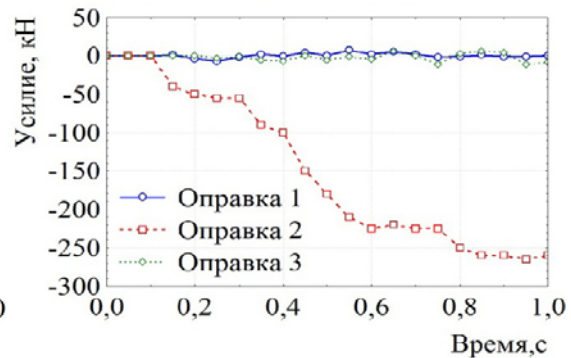
Усилие на валки изменяется циклично, так как заготовка вращается в процессе формирования полости.



а)



б)



в)

Рис. 3. 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.

На основании полученных 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.

Таким образом, результаты работы следующие:

1. Впервые разработана адекватная численная модель процесса прошивки гильз на стане с грибовидными валками и направляющими дисками, которая позволяет

определить значения напряжений, деформаций и температурных параметров, действующих на гильзу и инструмент.

2. Определены оптимальные геометрические параметры прошивного инструмента, а именно прошивной оправки.

3. Модель может быть использована для определения оптимальных настроечных параметров процесса прошивки и для определения оптимальной геометрии прошивного инструмента.

### МЕТОДИКА РАСЧЕТА РОЛИКОВ НЕПРИВОДНЫХ ДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПРОКАТКИ 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

Технология прокатки-разделения в настоящее время получила особенно широкое развитие при производстве арматурного проката мелких сечений [1], [2].

Наиболее эффективным способом прокатки арматурных профилей, который позволяет уменьшить энергетические затраты и повысить производительность прокатного стана, является *слиттинг-процесс*.

Слиттинг-процесс состоит из двух операций: подготовка раската к разделению и само разделение. Подготовка раската к разделению происходит обычно за 3 прохода в специальных (подготовительных) калибрах слиттинг-процесса [3], формирующих перемычку для последующего разрыва (рис. 1).

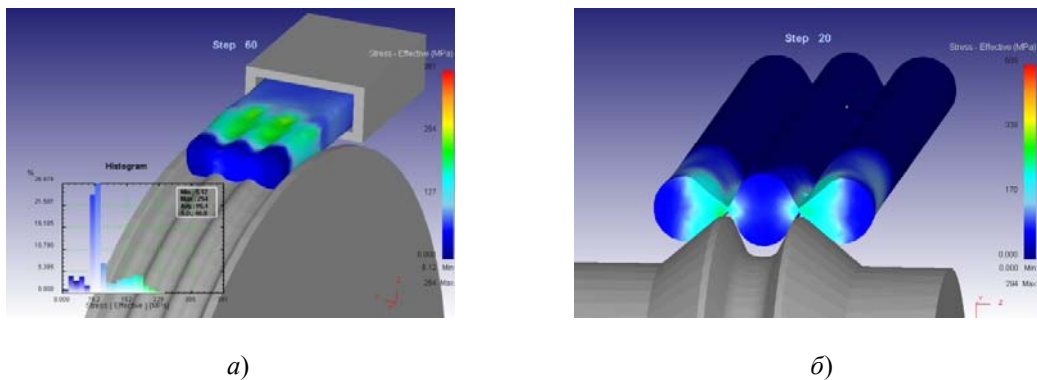


Рис. 1. Численная модель трехлинейного слиттинг-процесса прокатки арматурного профиля № 14:  
 а – формоизменение в первом специальном калибре слиттинг-процесса;  
 б – процесс разделения в роликах НДУ

Разделение происходит в неприводных делительных устройствах (НДУ). Рабочими элементами НДУ являются системы неприводных клиновидных делительных роликов (рис. 2), оказывающих расклинивающее воздействие на многолинейный раскат. От правильно выбранной конфигурации рабочих частей роликов и согласованности с размерами входящего в НДУ раската зависит стабильность прокатки и качество получаемого в итоге арматурного профиля.



Рис. 2. Неприводные клиновидные делительные ролики НДУ

В различной литературе представлены сложные и не имеющие прикладной направленности расчеты приведенной выше своеобразной делительной системы.

На основании передового опыта прокатки арматуры в условиях непрерывного мелкосортного стана 320 ОАО «БМЗ» – управляющая компания холдинга «БМК» и численного моделирования была создана прикладная методика расчета калибровки валков специальных калибров слиттинг-процесса [3], а также методика расчета роликов НДУ.

Для шести схем разделения, указанных в табл. 1, разработаны зависимости для определения конфигурации и размеров профиля рабочих частей роликов. В табл. 2 представлены эмпирические зависимости для одной из шести разработанных схем разделения в НДУ (схема № 4).

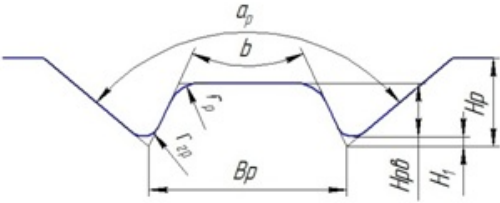
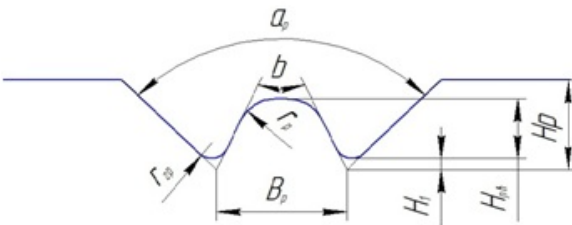
Таблица 1

**Выбор схемы расположения и количества роликов НДУ  
в зависимости от количества линий прокатки**

Количество линий прокатки арматурных профилей слиттинг-процессом					
2	3	4	5	6	6
Схема разделения в НДУ					
Схема №1	Схема №2	Схема №3	Схема №4	Схема №5	Схема №6
Схематичное изображение пар роликов					



Зависимости для определения размеров рабочих частей роликов для схемы разделения № 4

Схема разделения в НДУ №4	
<p>Тип ролика 3 (с двумя рабочими гребнями) Для 1-й пары роликов в НДУ</p>	
Ширина ролика $B_p$ , мм	$3 \cdot B_{вр.сл} + 2 \cdot Ш_{сп} + 1,65 \cdot Ш_{кп}$
Расклинивающий угол $a_p$ , град	$3 \cdot A_2 + \frac{A_2}{3}$
Высота ролика $H_p$ , мм	$H_{вр.кл} \cdot (1,95 \dots 1,98)$
Радиус ролика $r_p$ , мм	$1,15 \cdot R_{сл}$
Радиус гребня ролика $r_{гр}$ , мм	$1,65 \dots 1,70$
Высота ролика внутренняя $H_{рв}$ , мм	$H_{вр.сл} \cdot (1,085 \dots 1,090)$
Внутренний угол ролика $b$ , град	$2 \cdot A_3$
Высота $H_1$ , мм	Определяется из построения
Зазор между роликами $S$ , мм	$2 \cdot H_1$
<p>Тип ролика 2 (с двумя рабочими гребнями) Для 2-й пары роликов в НДУ</p>	
Ширина ролика $B_p$ , мм	$B_{вр.сл} + 1,95 \cdot Ш_{сп}$
Расклинивающий угол $a_p$ , град	$3 \cdot A_2 + \frac{A_2}{3}$
Высота ролика $H_p$ , мм	$H_{вр.кл} \cdot (1,37 \dots 1,43)$
Радиус ролика $r_p$ , мм	$R_{сл} \cdot 10,4$
Радиус гребня ролика $r_{гр}$ , мм	$1,65 \dots 1,70$
Высота ролика внутренняя $H_{рв}$ , мм	$H_{вр.сл} \cdot (1,085 \dots 1,090)$
Внутренний угол ролика $b$ , град	$2 \cdot A_3$
Высота $H_1$ , мм	Определяется из построения
Зазор между роликами $S$ , мм	$2 \cdot H_1$
<p>Величины <math>B_{вр.сл}</math>, <math>Ш_{кп}</math>, <math>A_2</math>, <math>H_{вр.кл}</math>, <math>R_{сл}</math>, <math>H_{вр.сл}</math>, <math>A_3</math>, <math>Ш_{сп}</math> - размеры 3-го специального калибра слиттинг-процесса</p>	

## Литература

1. Процесс прокатки-разделения с использованием неприводных делительных устройств: теория и практика / С. М. Жучков [и др.]. – Украина–Беларусь, 2007. – 284 с.
2. Сборник научных трудов специалистов БМЗ. – Минск : Тэхналогія, 2009. – Т. 2. – 415 с.
3. Старков, Н. В. Разработка методики расчета калибровки валков для производства арматурных профилей слиттинг-процессом на мелкосортных непрерывных станах / Н. В. Старков // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики 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. – С. 158–160.

### КРИТЕРИАЛЬНЫЙ ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТОВ ВОЛОЧЕНИЯ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ

С. И. Прач

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

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Маршрут волочения проволоки должен обеспечивать отсутствие обрыва проволоки, требуемое качество готовой проволоки, максимально возможную производительность, т. е. скорость волочения и другие требования. Увеличение скорости волочения проволоки из высокоуглеродистой стали вызывает дополнительное упрочнение стали и как следствие снижение ее технологических свойств при дальнейшей переработке, например, при свивке в металлокорд. Таким образом, рост скорости волочения проволоки из высокоуглеродистой стали снижает качество получаемой проволоки. Поэтому возникает необходимость в оптимизации маршрутов волочения, с целью достижения рационального баланса между качеством проволоки и производительностью процесса волочения.

В данной работе представлен принцип построения новых и оптимизации действующих маршрутов волочения высокоуглеродистой проволоки с помощью оценочного критерия.

Критерии для построения новых и оптимизации действующих маршрутов волочения высокоуглеродистой проволоки:

1. Предельная степень деформации, которую можно сообщить металлу при пластическом его формоизменении [1]:

$$\psi = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\Delta\Lambda_i}{\Lambda_i} \right)^{a_i}, \quad (1)$$

где  $\psi$  – критерий предельной пластичности;  $n$  – число этапов деформирования к моменту разрушения проволоки;  $a_i$  – эмпирический коэффициент, зависящий от схемы напряженного состояния;  $\Lambda_i$  – степень деформации сдвига.

Для оптимизации процесса волочения определяется базовое значение коэффициента запаса пластичности  $\psi_{\text{баз}}$  по формуле (1) для известного действующего процесса волочения. Далее вводятся изменения в режимы волочения и пересчитывается значение  $\psi$ . Если после изменения режимов процесса волочения  $\psi$  уменьшается или остается равным относительно  $\psi_{\text{баз}}$ , то такие изменения не приведут к потере ка-

чества проволоки, а если  $\psi$  увеличится относительно  $\psi_{\text{баз}}$ , то качество ухудшится вследствие истощения при волочении запаса пластичности и трещинообразования. При  $\psi \geq 1$  происходит обрыв проволоки.

Недостатком использования данного критерия является то, что он учитывает влияние изменения параметров волочения на свойства получаемой проволоки, т. е. учитывается только изменение качества получаемой проволоки.

2. Критерий  $K$ , зависящий от максимальной температуры поверхности проволоки и ее скорости волочения, рассчитываемый по формуле [2]:

$$K = \frac{\left(\frac{t_n}{t_6}\right)^{50} + \left(\frac{V_6}{V}\right)^{15}}{2}, \quad (2)$$

где  $t_n$  – максимальная температура поверхности проволоки в маршруте волочения, °С;  $V$  – скорость волочения проволоки на выходе из волочильного стана, м/с;  $t_6$  – базовая температура поверхности проволоки в маршруте волочения, °С;  $V_6$  – базовая скорость волочения проволоки на выходе из волочильного стана, м/с.

При действующем маршруте волочения  $K = 1$ . Если изменения в режимах волочения вызывают повышение коэффициента  $K$ , то принимаемые изменения приводят к потере эффективности волочения проволоки и свивки из нее корда. Если изменения в режимах волочения вызывают понижение коэффициента  $K$ , то принимаемые изменения приводят к повышению эффективности волочения.

Температура поверхности проволоки в маршруте волочения влияет на качество производимой проволоки, так как температура поверхности проволоки определяет запас пластичности проволоки и, как следствие, величину обрывности металлокорда, свиваемого из этой проволоки после волочения.

Критерий  $K$  обладает недостатком, заключающимся в том, что качество проволоки оценивается только температурой поверхности проволоки при волочении. В действительности имеется целый ряд других параметров, влияющих на качество проволоки. В этой связи критерий  $K$  следует признать оценкой производительности волочения, ограниченной температурой поверхности проволоки.

3. При выборе наиболее оптимального маршрута волочения проволоки учитывается соотношение наилучшего качества проволоки, представленного запасом пластичности проволоки, и производительности процесса волочения, представленной скоростью волочения. Для выполнения этого вида оптимизации маршрута волочения разработан оценочный коэффициент  $W$ :

$$W = \left(\frac{1-\psi}{K}\right)100, \quad (3)$$

где  $\psi$  – критерий предельной пластичности, рассчитываемый по формуле (1);  $K$  – критерий, рассчитываемый по формуле (2).

На основе оценочного критерия  $W$  разработан принцип построения новых и оптимизации маршрутов волочения проволоки по следующей разработанной методике:

1. Задаются исходные данные для расчета маршрута волочения.

2. Рассчитывается базовый процесс волочения заданного диаметра и свойства проволоки, который обеспечивает относительно стабильное удовлетворительное ка-

чество проволоки. Определяют значения деформационно-кинематических параметров волочения и энергосиловых режимов волочения.

По формулам (1)–(3) рассчитываются базовые значения критерия предельной пластичности  $\psi_{\text{баз}}$ , критерия  $K_{\text{баз}}$  и оценочного критерия  $W_{\text{баз}}$ .

3. Вводятся предлагаемые изменения в режим волочения базового процесса с целью его оптимизации. По аналогии с базовым процессом формируются исходные данные для измененного процесса с изменением предлагаемых для оптимизации режимов волочения с сохранением величины конечного диаметра проволоки и ее свойств в конце волочения.

Выполняют общую оценку оптимизации маршрута волочения с помощью оценочного критерия  $W$ , рассчитываемого по формуле (3).

После оптимизации маршрута волочения проволоки за счет изменения режимов волочения, если изменения в режимах волочения вызывают повышение коэффициента  $W \geq W_{\text{баз}}$ , то принимаемые изменения приводят к повышению эффективности волочения проволоки и свивки из нее маталлокорда. Если изменения в режимах волочения вызывают понижение коэффициента  $W \leq W_{\text{баз}}$ , то принимаемые изменения приводят к понижению эффективности волочения и свивки. Если  $W \leq 0$ , происходит обрыв проволоки.

Пример применения принципа оптимизации маршрута волочения ультравысокопрочной проволоки (УТ) диаметром 0,35 мм из стали 96 микролигированной хромом на волочильном стане тонкого волочения НТ12.6.

В действующем маршруте волочения с 21 волокой при скорости волочения 5 м/с все параметры находятся в допустимых пределах, за исключением максимальной температуры поверхности проволоки, равной 580 °С на 21-й волоке. Этот маршрут принимаем базовым. Для маршрута характерно:  $W_{\text{баз}} = -7,9$  при  $K_{\text{баз}} = 1$ ,  $\psi_{\text{баз}} = 1,08$ , т. е. при данном режиме волочения возможен обрыв проволоки.

Проводим оптимизацию базового маршрута волочения, изменяя различные параметры волочения.

Например, в маршрут волочения вводятся шесть сдвоенных волок. Для измененного маршрута характерно  $W = 24,9$  при  $K = 0,71$ ,  $\psi = 0,823$ . Увеличение оценочного критерия указывает на повышение качества проволоки при сохранении производительности волочения. Таким образом, введение шести сдвоенных волок повысило качество получаемой проволоки, но температура поверхности проволоки осталась выше допустимой.

С целью дальнейшего уменьшения температуры поверхности проволоки и роста качества проволоки предпринята попытка снижения скорости волочения до 4 м/с.  $W = 1,2$  при  $K = 14,21$ ,  $\psi = 0,825$ . Снижение оценочного критерия указывает на снижение эффективности волочения по сравнению с предыдущим вариантом. Таким образом, простое снижение скорости волочения в технологии волочения не повышает эффективности производства проволоки из-за уменьшения производительности, хотя вызывает некоторый рост качества проволоки.

Далее для уменьшения температуры поверхности проволоки вводим семь сдвоенных волок. Для маршрута характерно  $W = 38,9$  при  $K = 0,514$ ,  $\psi = 0,8$ . Увеличение оценочного критерия  $W$  до 38,9 говорит о повышении эффективности волочения по сравнению со всеми предыдущими вариантами волочения. При этом сохранена производительность базового варианта, и все параметры находятся в допустимых пределах.

С целью повышения производительности без значительной потери качества маршрута волочения с семью сдвоенными волокнами можно повысить скорость волочения с 5 до 5,3 м/с. Для маршрута характерно  $W = 81,2$  при  $K = 0,247$ ,  $\psi = 0,7995$ . Увеличение оценочного критерия  $W$  указывает на повышение эффективности волочения. Режим волочения с семью сдвоенными волокнами при скорости волочения 5,3 м/с следует признать наиболее эффективным. Он обеспечивает повышение производительности получаемой проволоки без существенной потери ее качества.

Способ оптимизации маршрута волочения высокоуглеродистой проволоки с помощью оценочного критерия позволяет оптимизировать действующие и разрабатывать новые маршруты волочения с целью повышения производительности волочения без потери качества проволоки или с заданным балансом между производительностью и качеством волочения.

#### Литература

1. Колмогоров, В. Л. Механика обработки металлов давлением / В. Л. Колмогоров. – М. : Металлургия, 1986. – 688 с.
2. Температурно-деформационный критерий оптимизации маршрутов волочения тонкой высокоуглеродистой проволоки / Ю. Л. Бобарикин [и др.] // Литье и металлургия. – Минск : БНТУ, 2012. – Вып. 3. – С. 205–209.

## СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ ПРИ ГАЗОПЛАМЕННОМ НАПЫЛЕНИИ

И. М. Крижевский

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

Научные руководители: М. Н. Верещагин, И. В. Агунович

Целью данной работы было исследование особенностей структурообразования износостойких покрытий из металлических сплавов при высокоэнергетической обработке и их механических свойств.

Нанесение покрытий методом газопламенного напыления производилось на подложки из сталей 51ХВ4 и 65Г.

Подготовка поверхности перед нанесением покрытий производилась методом дробеструйной обработки. Данный метод является наиболее эффективным и производительным, обеспечивающим как очистку поверхности от адсорбированных масляных и оксидных пленок, так и активацию основы вследствие интенсивного перенаклепа. Применялись следующие режимы дробеструйной обработки: давление воздуха 0,6 МПа, диаметр сопла 8 мм, дистанция 40–50 мм. Использовалась чугунная колотая дробь ДЧК-1,8 ГОСТ 11964–81 со средним размером 1,8 мм.

Газопламенное напыление покрытий производилось на установке «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.

В качестве напыляемого материала применялся порошок металлического сплава системы Fe–Ni–Co–Cr–Mo–B–Si+WC, размер фракции – 30–50 мкм.

Исследовались следующие виды образцов (табл. 1).

## Виды исследуемых образцов

Вид образца	Подложка	Напыление
1	т.о. сталь 51ХВ4	Fe–Ni–Co–Cr–Mo–B–Si+WC
2	сталь без т.о. 51ХВ4	Fe–Ni–Co–Cr–Mo–B–Si+WC
3	сталь 65Г	Fe–Ni–Co–Cr–Mo–B–Si+WC

Рентгеноструктурный и рентгенофазный анализы выполнялись на дифрактометре «ДРОН-3» в монохроматическом  $\text{CoK } \alpha$ -излучении.

Изучение микроструктуры проводилось согласно ГОСТ 8233–56 на оптическом микроскопе с увеличением  $\times 500$ . Микротвердость покрытий оценивалась на приборе ПМТ-3.

Микроструктура покрытий представлена на рис. 1–3.

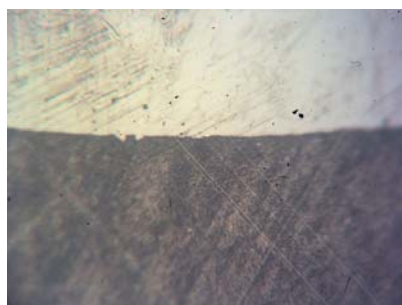


Рис. 1. Микроструктура образца № 1,  $\times 500$

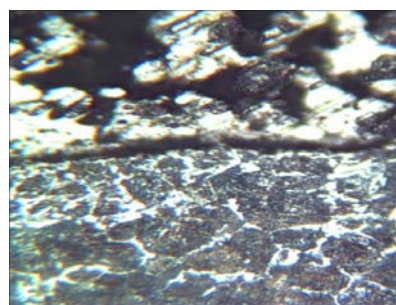


Рис. 2. Микроструктура образца № 2,  $\times 500$

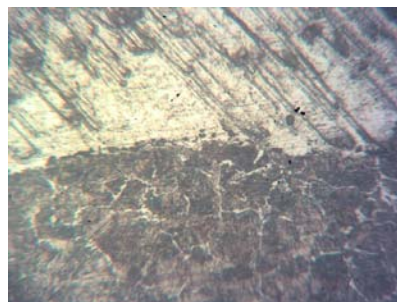


Рис. 3. Микроструктура образца № 3,  $\times 500$

Как видно из представленных снимков, граница покрытия и подложки является менее выраженной. Данный факт свидетельствует о более высоких адгезионных свойствах.

Микроструктура полученных покрытий является сложной и многофазной. Распределение частиц различных химических элементов по покрытию – гетерогенное.

Структура покрытий Fe–Ni–Co–Cr–Mo–B–Si+WC, полученных газопламенным напылением, предполагает следующие фазы: FeCr, FeCrMo, WC, бориды  $\text{Fe}_2\text{B}$ ,  $\text{Ni}_2\text{B}$ ,  $\text{Co}_2\text{B}$ , силицид FeSi. Расположение пор по объему покрытий неравномерно. С глубиной слоя покрытия пористость уменьшается, минимальная пористость наблюдается вблизи контакта покрытия с поверхностью подложки. В среднем пористость составила: образец 1  $\approx 8\%$ , образец 2  $\approx 24\%$ , образец 3  $\approx 17\%$ .

Исследование микротвердости покрытий показало, что распределение микротвердости по толщине покрытия неравномерно и максимальная микротвердость наблюдается вблизи контакта покрытия с поверхностью подложки, что связано с неравномерным распределением пористости по объему покрытий.

Значения микротвердости приведены в табл. 2.

Таблица 2

### Микротвердость покрытий и подложки

Номер образца	Максимальная микротвердость покрытия, ГПа	Средняя микротвердость покрытия, ГПа	Микротвердость подложки у поверхности, ГПа	Микротвердость подложки, ГПа
Образец 1	9,7	8,5	5,9	5,3
Образец 2	10,6	8,9	5,4	4,7
Образец 3	11,4	9,7	3,7	2,4

Следует отметить, что микротвердость подложек также изменялась по толщине. Максимальное значение микротвердости подложек наблюдалось на поверхности, т. е. в непосредственной близости с покрытием. Это связано с тем, что часть элементов из покрытия проникает в подложку на глубину  $\approx 35\text{--}40$  мкм, что также способствует повышению адгезионных свойств.

В результате проведенных исследований было определено:

- Микроструктура полученных покрытий является сложной и многофазной. Структура покрытий Fe–Ni–Co–Cr–Mo–B–Si+WC, полученных газопламенным напылением, предполагает наличие следующих фаз: FeCr, FeCrMo, WC, боридов Fe<sub>2</sub>B, Ni<sub>2</sub>B, Co<sub>2</sub>B, силицид FeSi.

- Микротвердость покрытий распределяется неравномерно. Максимальная микротвердость наблюдается вблизи контакта покрытия с поверхностью подложки.

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

### ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ ОКСОСУЛЬФИДА ИТТРИЯ, АКТИВИРОВАННОГО ИОНАМИ ЕВРОПИЯ

**О. В. Урецкая, Н. Е. Дробышевская, Е. Н. Подденежный**

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

Научный руководитель Е. Н. Подденежный

Известно, что введение ионов серы в решетку оксида иттрия с частичной заменой ионов кислорода в значительной степени повышает интенсивность люминесценции Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в видимой области спектра [1]. Так, в работе [1] описан вариант получения наноразмерных кубических частиц люминофора Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Er,Yb методом механохимического синтеза в планетарной мельнице и изучены их свойства. Такие люминофоры известны и выпускаются промышленностью [2] (см. таблицу).

## Типы промышленных люминофоров на основе оксосульфида иттрия

Цвет свечения	Зеленый	Красный
Марка люминофора*	КН-545-1 КН-545-2 КН-545-3	КН-626-3 КН-626-4 КН-626-5 КН-626-6
Химический состав	$Y_2O_2S:Tb$ $Y_2O_2S:Tb$	$Y_2O_2S:Eu$ $Y_2O_2S:Eu, In_2O_3$
Координаты цветности	X: 0,32–0,34; Y: 0,54–0,56 X: 0,32–0,34; Y: 0,54–0,56	X: 0,61–0,65; Y: 0,33–0,37 X: 0,61–0,65; Y: 0,33–0,37
Средний размер частиц, мкм	4–6 1–2	2–4 1–2

В маркировке люминофоров трехзначное число означает выраженный в нм максимум волны излучения.

Однако в последнее время появился ряд работ, в которых описаны новые способы получения наноструктурированных оксидо-иттриевых и оксосульфидных люминофоров с улучшенными энергетическими и светотехническими характеристиками [3]–[5].

Сферические ультрадисперсные порошки катодлюминофора красного цвета  $Y_2O_3:Eu^{3+}$  были синтезированы новым методом гомогенного осаждения [3]. Кристаллические порошки состава  $Lu_2O_2S:Ce$  (8,90 г/см<sup>3</sup>) и  $Y_2O_2S:Ce$  (4,92 г/см<sup>3</sup>) были получены соосаждением из щавелевокислых солей с последующим прокаливанием при 1150 °С в восстановительной атмосфере [4]. Рентгенофазовый анализ показал наличие гексагональной структуры, а возбуждение УФ-излучением продемонстрировало интенсивную люминесценцию в ближней УФ, оранжевой и красной областях спектра ( $Lu_2O_2S:Ce$  – 650 нм;  $Y_2O_2S:Ce$  – 346 и 600 нм), обусловленную переходами 5d–4f-ионного состояния  $Ce^{3+}$ .

Нанокристаллы красного катодлюминофора  $Y_2O_2S:Eu$  были синтезированы прогрессивным методом горения с использованием этанола в качестве дополнительного горючего при использовании тиомочевина. Было показано, что использование этанола упрощает процесс растворения нитратов РЗЭ, требует пониженного содержания воды и способствует формированию оксосульфида РЗЭ –  $Y_2O_2S:Eu$  [5].

В НИЛ ТХН ГГТУ им. П. О. Сухого ведутся работы по синтезу порошков оксосульфида иттрия  $Y_2O_2S$ , легированного ионами европия, как перспективных люминофоров с перестраиваемым спектром излучения в зависимости от состава, также изучаются их структурные и спектрально-люминесцентные характеристики.

Для получения наноструктурированных порошков  $Y_2O_2S:РЗЭ$  использовали метод термохимических реакций (горения) в условиях окисления-восстановления азотнокислых солей иттрия, европия и тербия в присутствии тиомочевина и уротропина в качестве горючего. Смешивание ингредиентов проводили в стехиометрическом отношении, далее помещали смесь в выпарительной чашке в сушильный шкаф, нагретый до температуры 60 и 170–200 °С и выдерживали там до формирования вспененного твердофазного прекурсора (60 мин), состоящего из гидратированного комплекса соответствующих оксидов и органических остатков. Затем смесь



прокаливали в муфельной печи при температурах 700–1100 °С в воздушной среде в течение 2-х ч (рис. 1).

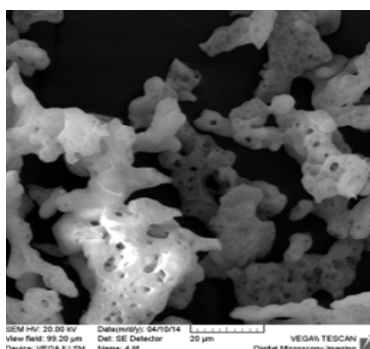


Рис. 1. РЭМ-изображение порошка  $Y_2O_2S:Eu$ , прокаливание 1100 °С [6]

При рассмотрении ИК-спектров образцов  $Y_2O_2S:Eu$  можно отметить, что полоса на 3500–3800  $cm^{-1}$ , обусловленная валентными колебаниями групп O–H для  $H_2O$ , абсорбированной пористыми частицами люминофора, присутствует во всех случаях обработки, однако ее интенсивность с ростом температуры падает, что говорит о значительном уменьшении примесной составляющей при росте температуры. Полоса 1500–1700  $cm^{-1}$  принадлежит и ассиметричным колебаниям групп –  $CH_2$ . Полосы на 1600–1800  $cm^{-1}$  и 1570–1580  $cm^{-1}$  связаны с наличием остаточных  $NO_3$  групп в составе порошка и их интенсивность с ростом температуры прокаливания также падает. Пики на 727, 562  $cm^{-1}$  обусловлены колебаниями связей Y–O, и их интенсивность с ростом температуры увеличивается, что обусловлено совершенствованием кристаллической структуры и увеличением размера кристаллитов (рис. 2).

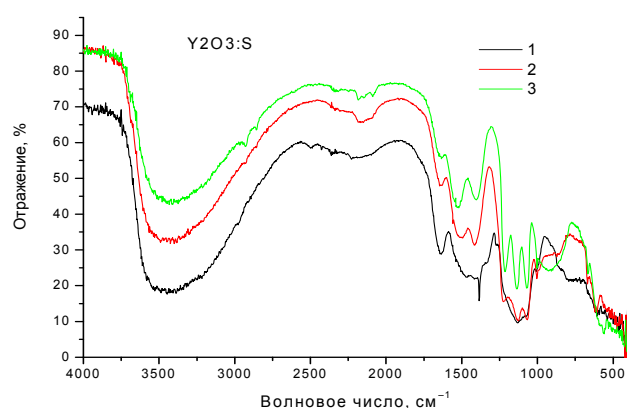


Рис. 2. ИК-спектры порошков  $Y_2O_2S:Eu$ , полученных методом горения, в зависимости от температуры:  
1 – 300 °С; 2 – 700 °С; 3 – 1100 °С

На кривых потери массы при горении азотнокислой соли иттрия имеется три ступени, границы которых можно определить в пределах 100–600 °С, 600–900 °С и 900–1000 °С (рис. 3). На первом участке в температурном интервале 20–120 °С происходит удаление свободной и сорбированной воды, на втором участке (150–380 °С) – удаление азотнокислых остатков и выгорание органических примесей. Масса образцов

при этом резко уменьшается, после 600 °С масса также продолжает уменьшаться до температуры приблизительно 880 °С. Завершение структурных изменений в порошке происходит при 950–960 °С вместе с окончательным удалением воды в форме гидроксидных групп при резком уменьшении массы навески.

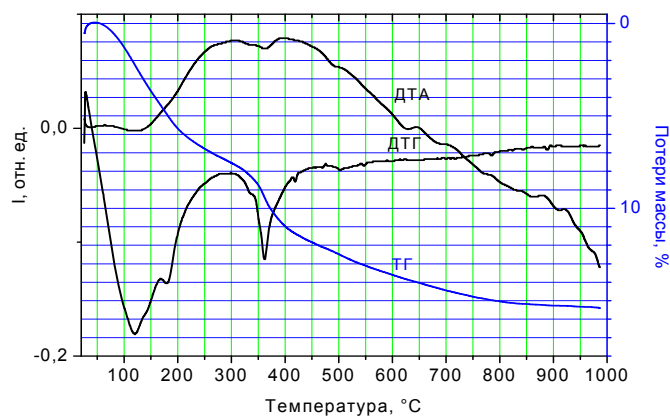


Рис. 3. Кривые ДТА и ДТГ порошков  $Y_2O_2S:Eu$

Были также изучены спектры люминесценции порошков  $Y_2O_2S:Eu$ , которые демонстрируют интенсивное излучение в красной области.

#### Заключение

1. Рассмотрены новые способы получения наноструктурированных оксосульфидных люминофоров.
2. Получены экспериментальные образцы порошков  $Y_2O_2S:Eu^{3+}$  с улучшенными структурными и морфологическими свойствами.
3. Изучены физико-химические и спектрально-люминесцентные характеристики порошков  $Y_2O_2S:Eu^{3+}$ , также рассмотрены перспективы их применения в качестве фото- и катодолуминофоров нового поколения.

#### Литература

1. Mangalaraja, R. V. Combustion synthesis of  $Y_2O_3$  and  $Yb-Y_2O_3$  Part I. Nanopowders and their characterization / R.V. Mangalaraja [et al.] // Journal of materials processing technology. – 2008. – Vol. 208. – P. 415–422.
2. Одинокоев, В. Катодолуминесцентные автоэмиссионные источники света и их изготовление / В. Одинокоев, Г. Павлов, Е. Шешин // Наноиндустрия. – 2010. – № 5. – С. 12–15.
3. Silver, Jack. Low-voltage cathodoluminescent red emitting phosphors for field emission displays / Jack Silver, Robert Withnall, Anthony Lipman, Terry G. Ireland, George R, Fern Wolfson // Journal of Luminescence. – 2007. – Vol. 122–123. – P. 562–566.
4. Jun-Jing Zhao. Red luminescence of  $Lu_2O_2S:Ce$  and  $Y_2O_2S:Ce$  at room temperature / Jun-Jing Zhao, Chang-Xin Guo, Ru-Wang Guo, Jun-Tao Hu // Journal of Alloys and Compounds. – 2007. – Vol. 36. – P. 174–177.
5. Luo Xixian. Preparation of Nano  $Y_2O_2S:Eu$  Phosphor by Ethanol Assisted Combustion Synthesis Method / Luo Xixian // Journal of Rare Earths. – 2006. – Vol. 24. – № 20. – P. 24.
6. Урецкая, О. В. Наноструктурированные люминофоры на основе оксосульфида иттрия, легированного РЗЭ, формируемые методом горения в тиомочевине / О. В. Урецкая, Н. Е. Дробышевская, Е. Н. Подденежный // Наноструктур. материалы–2014: Беларусь – Россия – Украина (НАНО–2014): материалы IV Междунар. науч. конф., Минск, 7–10 окт. 2014 г. / редкол.: П. А. Витязь [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2014. – С. 236–237.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОДГОТОВКИ ФОРМОВОЧНЫХ КВАРЦЕВЫХ ПЕСКОВ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ФУРАНОВЫХ СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

И. Н. Прусенко

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

Научный руководитель И. Б. Одарченко

Одним из основных критериев, формирующим эксплуатационные свойства стержневых смесей, являются качественные характеристики огнеупорного наполнителя, которые оказывают существенное влияние на точность отливки, качество ее поверхности, вероятность образования дефектов на внутренних поверхностях.

Основные эксплуатационные свойства формовочных песков определяются их зерновым и химико-минералогическим составом. С точки зрения формирования структуры стержневых смесей, прочности адгезионных контактов зернового наполнителя и связующего следует учитывать гранулометрический состав формовочных песков (размер, характер распределения зерен песка (песчинок), форма, характеристика поверхности частиц, содержание мелочи, шероховатость и загрязненность зерен песка).

Для оценки влияния гранулометрического состава формовочного песка на свойства литейных стержней, изготовленных по технологическому процессу «Nobake», проведены исследования четырех марок формовочных кварцевых песков с различными показателями качества зерновой основы: 1К<sub>2</sub>О<sub>3</sub>03, 1К<sub>2</sub>О<sub>2</sub>025, 1К<sub>1</sub>О<sub>2</sub>02, 3К<sub>4</sub>О<sub>3</sub>03 (см. таблицу).

### Сравнительная характеристика гранулометрического состава формовочных песков

Марка песка	Средний диаметр зерна песка, мм	Зерновая структура зерен песка	Наличие глинистой составляющей, %	Форма зерна	Характеристика поверхности частиц	Загрязненность зерен песка, %
1К <sub>2</sub> О <sub>3</sub> 03	0,3	Концентрированная	0,2	Полу-округлая	С мелкой структурой	1,2
1К <sub>2</sub> О <sub>2</sub> 025	0,26		0,25		Гладкая бесструктурная	2
1К <sub>1</sub> О <sub>2</sub> 02	0,21		0,16			0,23
3К <sub>4</sub> О <sub>3</sub> 03	0,31	Рассредоточенная	1		Шероховатая пористая	3,4

Проведенные предварительные лабораторные исследования позволили установить, что в соответствии с ГОСТ 2131–91 пески соответствуют заявленным маркам, наибольшее количество глинистой составляющей (1 %), органических и неорганических примесей (3,4 %) находится в песке 3К<sub>4</sub>О<sub>3</sub>03, в данной марке песка встречаются зерна с шероховатой, пористой поверхностью. Песок марки 1К<sub>1</sub>О<sub>2</sub>02 имеет наименьшую загрязненность органическими и неорганическими соединениями, примесями глинистой составляющей, наилучшую характеристику поверхности частиц

формовочного песка. Все четыре марки песков различаются средним диаметром зерен песка, который изменяется в диапазоне от 0,21 до 0,31 мм.

Для определения влияния характеристики гранулометрического состава песка на свойства литейных стержней из ХТС были проведены исследования для типовой рецептуры смеси по «Novake» процессу, содержащей 100 % кварцевого песка, 1,2 % связующего вещества и 0,8 % отвердителя. В качестве связующего компонента использовалась карбамидофурановая смола марки КФ65С по ТУ 6-00-5751766-4-88 с плотностью 1040 кг/м<sup>3</sup>, катализатором являлась улучшенная ортофосфорная кислота по ТУ 2143-002-002094550-96 с плотностью 1340 кг/м<sup>3</sup>.

Смесь изготовлялась в смесителе периодического действия Multiserw RN20/VL2. Кварцевый песок смешивался в течение 3 мин с ортофосфорной кислотой. Затем добавляли смолу и также перемешивали в течение 3 мин. С помощью вибростенда MultiserwLUZ-1 изготавливались образцы для определения прочности на разрыв «восьмерка» (рис. 1). Прочность на разрыв образцов «восьмерка» измерялась с использованием разрывной машины MultiserwLRu-2e/wr.

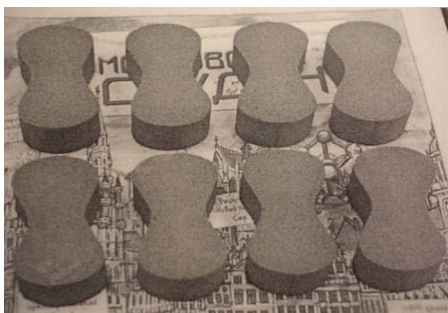


Рис. 1. Фотография полученных образцов

Испытания прочности на разрыв проводились в условиях полной полимеризации связующего (через 24 ч после изготовления) для различных марок песков (рис. 2).

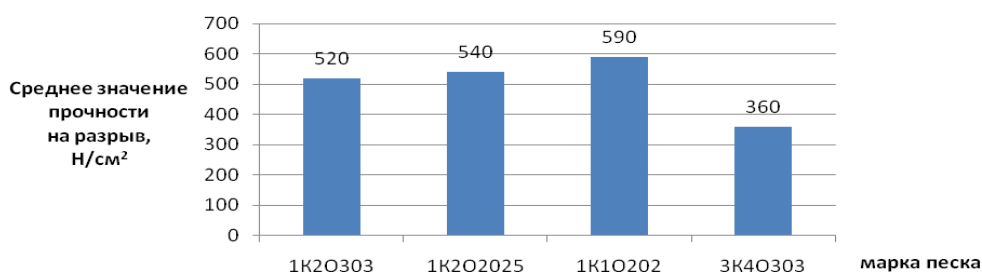
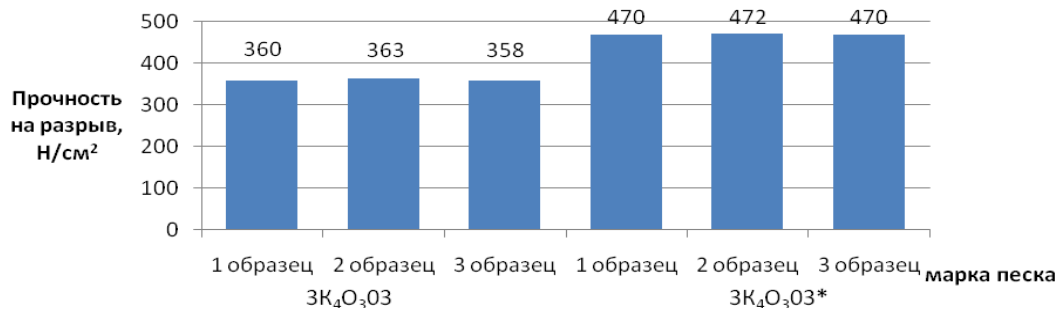


Рис. 2. Прочность на разрыв для различных марок песков

В результате проведенного исследования видно, что наибольшие показатели прочности на разрыв отмечены у песков с концентрированной зерновой структурой (1K<sub>2</sub>O<sub>3</sub>03, 1K<sub>2</sub>O<sub>2</sub>025, 1K<sub>1</sub>O<sub>2</sub>02). В случае применения песка марки 3K<sub>4</sub>O<sub>3</sub>03, который имеет рассредоточенную зерновую структуру, показатель прочности составил 360 Н/см<sup>2</sup>. Следует отметить, что данная марка песка имеет высокое содержание глинистой составляющей и наличие примесей.

Оценку влияния содержания легкоплавких примесей и глины в зерновой основе песка на прочностные характеристики образцов производили при исследовании наиболее загрязненной марки песка  $3K_4O_3O_3$ . Было изготовлено три образца из исходного и три образца из дополнительно очищенного песка  $3K_4O_3O_3$ . Формовочный песок очищали прокаливанием и отмучиванием. Результаты исследования представлены на рис. 3 (время отверждения 24 ч).



$3K_4O_3O_3^*$  – предварительно очищенный песок марки  $3K_4O_3O_3$

Рис. 3. Влияние наличия примесей на прочность на разрыв образцов

Исходя из полученных данных сделан вывод, что уменьшение количества примесей способствует увеличению показателя прочности образца из ХТС на 25–30 %.

Для исследования влияния размера зерна песка на прочностные свойства литейных стержней было взято четыре фракции песка марки  $1K_1O_2O_2$  со средним диаметром зерен 0,16; 0,2; 0,315; 0,4 и изготовлены образцы с различным количеством связующих компонентов. Катализатор – ортофосфорная кислота добавлялась в количестве 45 % от массы карбамидофурановой смолы КФ65С. Выбранные фракции песка (0,16, 0,2, 0,315) наиболее часто используются для изготовления стержней (различной массы и технологического назначения) в литейном производстве. Результаты исследования прочности на разрыв образцов представлены на рис. 4. Время отверждения образцов 24 ч.

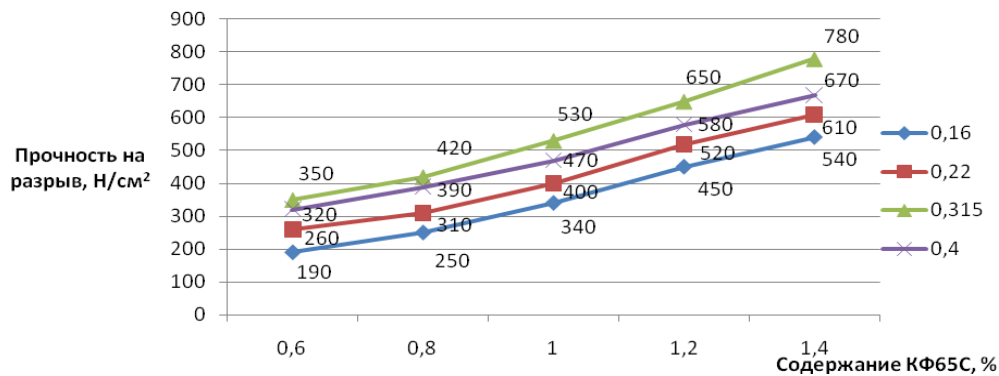


Рис. 4. Влияние размера зерна песка на прочностные свойства образцов

Исследования показали, что с увеличением размера зерна прочность стержневой смеси повышается, при этом используется меньшее количество связующего материала. Следует отметить, что применение песка со средним размером зерна, пре-

вышающего 0,315 мм, приводит к ухудшению прочностных характеристик, несмотря на то, что имеют пониженное содержание пылевидной фракции. Количество точек контакта между песчинками уменьшается, в результате чего снижается прочность стержней.

Увеличение содержания карбамидо-фурановой смолы КФ65С приводит к увеличению прочности образцов, но предположительно будет понижать величину газопроницаемости стержневой смеси.

В данной работе проведены исследования влияния формовочных кварцевых песков на прочностные свойства фурановых стержневых смесей. Наилучшие прочностные показатели достигнуты при применении формовочных песков с концентрированной зерновой структурой, минимальным содержанием примесей глинистой составляющей (до 0,5 %), органических и неорганических легкоплавких соединений (до 2 %). Установлено, что при использовании фракций песка со средним диаметром зерен до 0,315 мм отмечается увеличение прочности при использовании меньшего количества связующего материала.

## **ВЛИЯНИЕ КОНТАКТНОЙ НАГРУЗКИ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ СТРУКТУРЫ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ Р6М5, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ**

**Л. С. Верещагина**

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

Научный руководитель И. Н. Степанкин

### **Введение**

Контактная усталость является достаточно распространенной причиной отказа большого количества деталей машин [1]. Она развивается при воздействии переменных контактных нагрузок на поверхность детали, которая приводит к изменению строения и свойств металла, а также к образованию и развитию трещин и дальнейшему разрушению.

### **Объекты и методы исследований**

Объектом исследования являются образцы, изготовленные из стали Р6М5, которые подвергли закалке с температуры 1220 °С и трехкратному отпуску при температуре 550–570 °С, для полного устранения остаточного аустенита непосредственно после закалки была проведена криогенная обработка в жидком азоте. После объемной термообработки проводилось поверхностное упрочнение лазерным излучением.

Интенсивность накопления усталостных повреждений в поверхностном слое инструмента при многократном контактом воздействии на материал исследовали на установке для испытаний на контактную усталость и износ [5]. Установка обеспечивает контактное нагружение торцевой поверхности плоской части образца 1 за счет его взаимодействия с рабочей поверхностью дискового контртела 2 (рис. 1).

С целью моделирования контактного взаимодействия при трении без проскальзывания контртело в виде диска 2 крепится на шарикоподшипнике в державке штока, а образец с плоской рабочей поверхностью – в ячейке план-шайбы 3, закрепленной на валу редуктора. Перемещение образца по круговой траектории при встрече с подпружиненным штоком, на котором закреплен диск контртела, вызывает его проворачивание, исключая проскальзывание на контактных поверхностях. Для пол-

ного воссоздания условий работы штампового инструмента рабочая часть образца окунается в емкость 5 со смазочным материалом, расположенную непосредственно под планшайбой 4, и лишь после этого входит в контакт с диском контртела.

Ширина пластины рабочей части образца превышает толщину рабочей части диска, что позволяет измерять глубину образующейся лунки в процессе испытания образца.

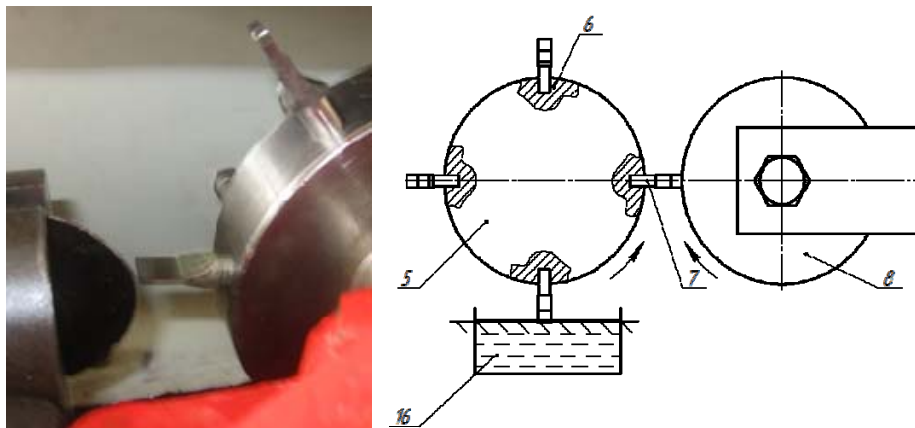


Рис. 1. Схема рабочего узла установки для испытания на контактную усталость:  
 1 – образец; 2 – контртело; 3 – ячейка для закрепления образцов;  
 4 – план-шайба; 5 – емкость со смазкой

На основании результатов испытаний строятся кривые, отражающие зависимость глубины образующейся лунки от числа рабочих циклов при заданной контактной нагрузке (1300 МПа).

### Результаты исследования и их обсуждение

#### Режимы упрочнения образцов из стали Р6М5

Номер образца	Режимы упрочнения			
	Частота поперечного сканирования, Гц	Частота поперечного сканирования, Гц	Частота поперечного сканирования, Гц	Длина волны лазерного излучения, нм
1	220	600	1,3	1070
2		750		
3		900		
4		1050		
5		1200		
6		1350		

На основании результатов испытаний образцов из быстрорежущей стали Р6М5 получено семейство кривых, отражающих поведение материала при воздействии на него контактной нагрузки величиной 1300 МПа (рис. 2). Форма кривых свидетельствует о характере износа материала, состоящем из двух стадий: процесса накопления усталостных повреждений и образования частиц износа.

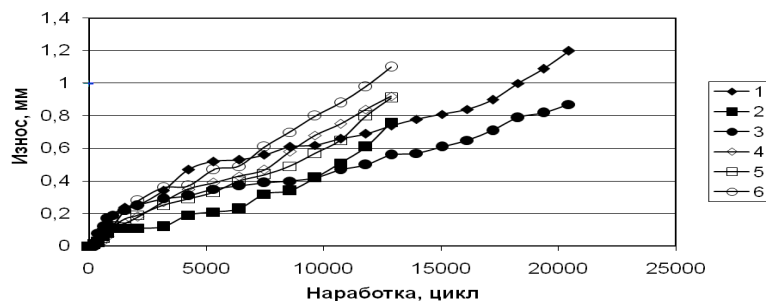
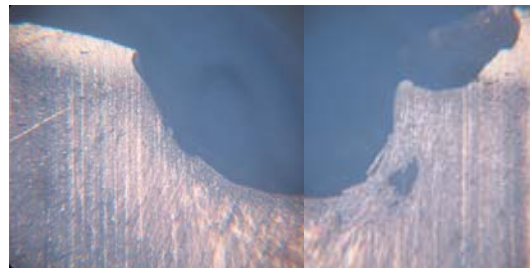
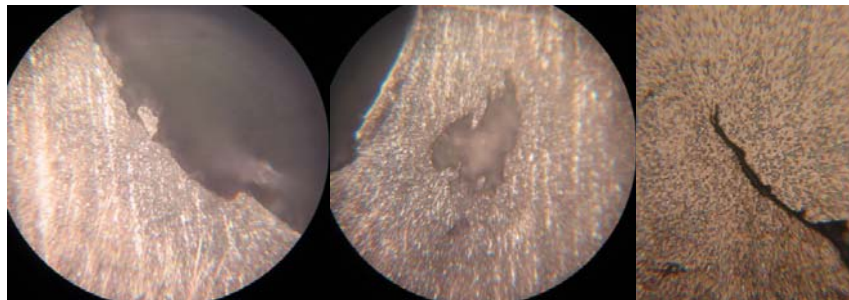


Рис. 2. Кривые, отражающие характер повреждения образцов в процессе контактного нагружения

Механизм разрушения поверхностного слоя происходит за счет изнашивания металла в области дна лунки. Это происходит путем отделения небольших наклепанных фрагментов. Также образуются сколы за счет распространения трещин в модифицированном слое (рис. 3).



а)



б)

в)

г)

Рис. 3. Разрушение образца 4:

а – состояние боковых поверхностей ( $\times 50$ ); б, в – чешуйки упрочненного в подслое ( $\times 100$ ); г – трещина в модифицированном слое ( $\times 200$ )

### Заключение

В результате проведенного исследования изучены закономерности возникновения повреждений на образца из стали Р6М5 при их испытаниях на контактную выносливость.

### Литература

1. Богданович, П. Н. Трение и износ в машинах / П. Н. Богданович, В. Я. Прушак. – Минск : Высш. шк., 1999. – 374 с.



## АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ГРАВЮР ЧЕКАНОЧНОГО ИНСТРУМЕНТА

К. В. Гавриловец

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

Научный руководитель И. А. Панкратов

Процессы обработки металлов давлением (ОМД) находят широкое применение во многих отраслях промышленности: машиностроении, авиастроении, вагоностроении, судостроении и др.

Несмотря на широкое применение методов ОМД сами процессы еще недостаточно изучены, что сдерживает разработку оптимальных технологий, позволяющих оптимизировать технологический процесс изготовления деталей и снизить расходы для их производства. В первую очередь, это связано со сложностью процессов, происходящих при пластическом течении металла при обработке металлов давлением.

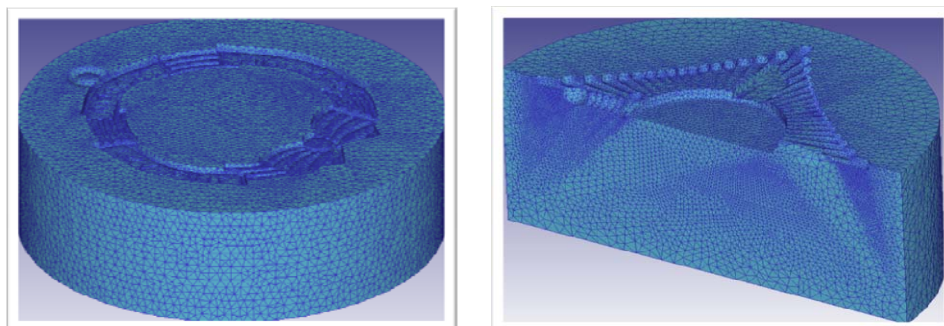
Выходом из этой ситуации является применение программ, основанных на методе конечных элементов. Наилучшая в своей области – это программа ANSYS/LS-DYNA.

Исследования, проводимые в программах конечно-элементного моделирования, позволяют подобрать оптимальный технологический процесс при обработке металлов давлением, оптимальные, рациональные марки материала в зависимости от напряженно-деформированного состояния конструкции, рациональные материалы и форму для максимальной эффективности удара при разрушении и др.

Результаты моделирования позволяют выявить напряженно-деформированное состояние как самой конструкции, так и формующего элемента в любой точке модели и любой промежуток времени; критические, опасные зоны и участки модели, в которых возможно возникновение разрушения или деформации конструкции; силовые, энергетические, деформационные, контактные величины при взаимодействии частей модели и многое другое.

Объектом исследований является чеканочная оснастка для изготовления государственных наград Республики Беларусь.

Работоспособность инструмента лимитируется стойкостью пуансонов и матриц. Экспериментальные исследования по оценке стойкости инструмента проводили на примере чеканочных штампов для изготовления деталей ордена «Ф. Скарына» и «За службу Радзіме».



а)

б)

Рис. 1. Конечно-элементная модель:

а – орден «Ф. Скарына»; б – орден «За службу Радзіме»

Стойкость штампов обусловлена наработкой на отказ геометрией формообразующей поверхности матриц штампов. Так, формообразующая поверхность матрицы для чеканки медальона ордена «Ф. Скарына» имеет ярко выраженный концентратор напряжений в виде канавки, формирующей окантовку медальона (рис. 2). Профиль канавки представляет собой полость глубиной 0,3 мм и шириной 0,5 мм. Размеры канавки обусловлены формой аверса награды и не могут быть изменены.

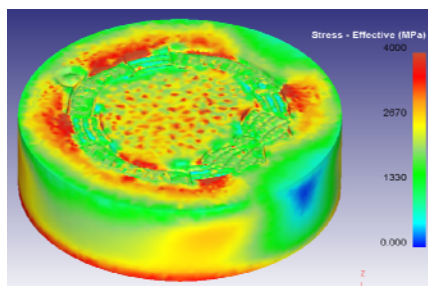


Рис. 2. Напряженно-деформированное состояние формообразующих поверхностей матрицы для чеканки ордена «Ф. Скарына»

Таким образом, в зоне указанного элемента гравюры создаются условия для возникновения напряжений, превышающих предел прочности материала матрицы. По дну канавки возникают начальные трещины. Их дальнейшее распространение происходит в радиальном направлении под действием пульсирующих растягивающих напряжений в момент заполнения гравюры материалом заготовки и сопровождается раскрытием трещины и смещением их берегов.

Исследования формообразующей поверхности матрицы для чеканки накладки ордена «За службу Радзіме» показали, что форма ручья не имеет концентраторов напряжений в виде заостренных углублений. Это способствует более длительной наработке штампа на отказ. Причиной выхода штампа из строя является разрушение гравюры матрицы в зоне формирования рукоятки меча (рис. 3).

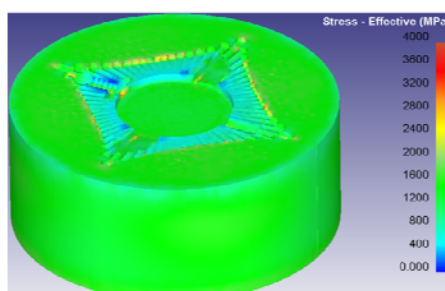


Рис. 3. Напряженно-деформированное состояние формообразующих поверхностей матрицы для чеканки ордена «За службу Радзіме»

В первую очередь разрушается выступающая перегородка гравюры. Зарождение трещин, приведших к отделению фрагментов формообразующей поверхности, как и в первом случае, происходит в результате концентрации напряжений в кольцевом углублении по периметру гравюры. Дальнейшее их распространение в направлении основания выступа, формирующего рукоятку меча, приводит к разрушению рабочей поверхности.

Указанные дефекты являются следствием пластической деформации, которая возникает в результате воздействия высоких по амплитуде пульсирующих напряжений, при условии, что материал находится в условиях всестороннего неравномерного сжатия [1].

Из вышесказанного следует, что основной причиной низкой стойкости чеканочных штампов является высокая концентрация напряжений на отдельных участках гравюры. Модернизация формы гравюры невозможна, так как последующее изменение геометрии поковки будет противоречить утвержденному образцу награды.

Результатом моделирования процесса чеканки в программе ANSYS/LS-DYNA было определение напряженно-деформированного состояния заготовки и инструмента и изменение конструкции штампа, позволяющая в наиболее нагруженных участках формообразующей поверхности инструмента снизить амплитуду пульсирующих напряжений.

Производственные испытания штампа для чеканки медальона ордена «Ф. Скарына» показали, что после получения 150 поковок рабочая поверхность матрицы и пуансона не имеет дефектов. Штмп может эксплуатироваться далее. Ожидаемое повышение стойкости чеканочной оснастки для изготовления правительственных наград Республики Беларусь – не менее двух раз.

#### Л и т е р а т у р а

1. Штремель, М. А. Прочность сплавов : в 2 ч. / М. А. Штремель // Моск. ин-т стали и сплавов. – М. : МИСИС, 1999. – Ч. 2. Деформация. – 1999. – 384 с.

## **ПОЛУЧЕНИЕ ЭМУЛЬСИИ НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАВШИХ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ**

**В. А. Дронченко**

*Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»,  
г. Новополоцк, Беларусь*

Научный руководитель В. П. Иванов

Развитие промышленности Республики Беларусь тесно связано с интенсификацией переработки нефти, применением различных типов топлив и смазочных материалов. В результате на предприятиях накапливаются различные нефтесодержащие отходы, оказывающие негативное влияние на окружающую среду и здоровье человека. Отработавшие нефтепродукты токсичны, имеют невысокую степень биоразлагаемости и являются опасными отходами, которые подлежат обязательному сбору и утилизации, а в отдельных случаях – уничтожению. К сожалению, сбору, регенерации и утилизации отработавших нефтесодержащих продуктов (НСП) и технических моющих средств (ТМС) уделяется недостаточно внимания. В настоящее время на территории машиностроительных, ремонтных и нефтеперерабатывающих предприятий республики находятся значительные запасы отработавших НСП.

Во многом это объясняется теми требованиями, которые предъявляются к отработанным нефтепродуктам, предназначенным для регенерации, очистки и использованию взамен или наряду с другими нефтепродуктами. Так, согласно [1], смеси отработанных нефтепродуктов, предназначенные для использования в качестве компонента котельного топлива, должны иметь массовую долю механических примесей не более 1 %, массовую долю воды не более 2 %, кроме того в них должны отсутствовать загрязнения. Для выполнения требований [1] необходимо наличие на

предприятия дорогостоящего специализированного оборудования. Это в свою очередь в сочетании со сравнительно небольшими объемами отработавших НСП и большими расходами на транспортировку к местам централизованной приемки для большинства малых и средних предприятий делает сбор, регенерацию и утилизацию экономически не целесообразными.

Для таких предприятий является перспективным поиск способов применения отработавших НСП непосредственно на предприятии либо на предприятиях данного региона, причем желательно с минимальными затратами на очистку и переработку. Одним из способов такого применения является получение эмульсий и эмульсолов на основе отработавших НСП с использованием в последующем в качестве смазки для форм при изготовлении железобетонных изделий либо добавки к топливу для котельных [2], [3]. Серьезной проблемой для применения этих способов является получение эмульсии с требуемой стабильностью.

Цель экспериментов – исследование влияния содержания воды на стабильность эмульсии.

**Методика определения влияния содержания воды в эмульсии на ее стабильность.** Для оценки возможности приготовления эмульсии с требуемой стабильностью, а также для последующего рационального использования сырья для производства эмульсии необходимо определить зависимость между процентным содержанием воды в эмульсии и стабильностью.

В настоящее время используются методы испытания нефтяных эмульсолов и паст, описанные в [4]. Согласно данному стандарту устанавливаются следующие методы испытаний: внешний вид; коррозионная агрессивность эмульсии, стабильность эмульсии; рН эмульсии; стабильность эмульсола при низких температурах; стабильность эмульсола при хранении; содержание свободной щелочи, кислотного числа и общего содержания высокомолекулярных органических кислот. В [4] метод испытания стабильности эмульсии предназначен для эмульсий типа масло в воде. В данной работе исследуются эмульсии типа вода в масле, поэтому метод исследования несколько отличается от изложенного в [4].

Для всех экспериментальных исследований используются одинаковые, по первоначальному химическому составу, отработавшие НСП и СМС. Их химический состав определялся в соответствии с методическими указаниями [5].

С целью повышения достоверности экспериментов в каждой серии опытов создавались одинаковые условия – давление в сети сжатого воздуха, частота импульсов, температура, процентное содержание веществ, влияющих на стабильность эмульсии, время перемешивания и т. д.

Способ подготовки компонентов к опыту: в емкость заливалась вода (объем которой определялся по высоте столба жидкости); затем добавлялся эмульгатор (объем которого измерялся мерной колбой), жидкость перемешивалась до полного растворения эмульгатора при помощи пневматического излучателя; после чего добавлялся отработавший НСП, который предполагалось использовать в качестве основы для приготовления эмульсии. Компоненты нагревались при помощи трубчатого электронагревателя до определенной температуры.

Схема проведения экспериментов была следующей: после перемешивания в течение 15 мин (так как большее время перемешивания не дает ощутимого влияния на стабильность) бралась проба с поверхности и со дна жидкости; добавлялась вода для получения нового процентного соотношения вода–НСП (в которую уже был введен эмульгатор с целью сохранения процентного соотношения жидкость–эмульгатор);

затем проверялась температура жидкости (при необходимости проводился дополнительный подогрев); компоненты вновь перемешивались в течение 15 мин и т. д.

Измерение объемов жидкости проводилось путем измерения ее глубины в рабочей емкости, диаметр которой известен.

Стабильность приготовленной эмульсии оценивалась по количеству выделившейся воды за определенные промежутки времени. Расслоение измерялось при помощи пробирок по высоте столба жидкости.

Стабильность эмульсии (содержание в эмульсии избыточной воды, находящейся в неэмульгированном состоянии) ( $X$ ) в процентах вычислялась по формуле

$$X = \frac{V_1}{V} 100,$$

где  $V_1$  – объем воды, выделившейся из эмульсии, мл;  $V$  – объем испытуемой эмульсии, мл.

**Экспериментальное исследование влияния содержания воды в эмульсии на ее стабильность.** Исследования проводились на опытно-промышленной установке по приготовлению эмульсии ударно-волновым способом на ОАО «Полоцкий завод «Проммашремонт».

В качестве основы для приготовления эмульсии использовались отработавшие НСП и СМС ОАО «Полоцкий завод «Проммашремонт». С целью экономного расхода материалов, необходимых для экспериментов, была изготовлена небольшая емкость (объемом 40 л), в которую для проведения экспериментов из опытно-промышленной установки переставлялся пневматический излучатель.

При помощи пульта управления была установлена частота импульсов 1 импульс в секунду при давлении в сети подвода сжатого воздуха 0,4 МПа.

Результаты проведенных экспериментов (средний процент выделившейся воды) представлены на рис. 1.

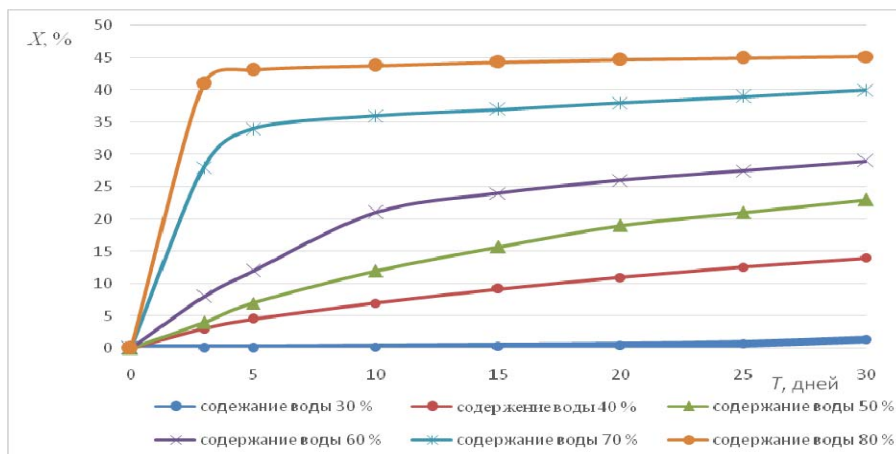


Рис. 1. Зависимость стабильности эмульсии  $X$  от времени  $T$

Было установлено, что с увеличением процентного содержания воды стабильность эмульсии уменьшается. При содержании воды 70–80 % получается нестабильная эмульсия, которая практически сразу начинает расслаиваться. При содержании воды 30 % средний процент выделившейся воды в течение 30 дней менее 1,5 %, что

дает возможность применения эмульсии не только на предприятии-изготовителе, но и других предприятиях региона.

#### **Заключение**

Полученные результаты исследований позволяют сделать вывод о возможности решения вопросов охраны труда и здоровья работников предприятий, а также защиты окружающей среды от вредного воздействия отработавших НСП и растворов ТМС путем получения эмульсии с требуемой стабильностью на основе отработавших НСП и растворов ТМС с последующим использованием на предприятиях республики.

#### **Литература**

1. Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия :ГОСТ 21046–86. – М. : Изд-во стандартов, 1999. – 8 с.
2. Kuzmich, R. Emulsol on the basis of used oil product / R. Kuzmich, A. Maksimchuk, V. Dronchenko // National and European dimension in research: Materials of junior researchers” III conf.: in 3 parts. – Part 1. Tecnology. – Novopolotsk, PSU, 2011. – P. 40–41.
3. Дронченко, В. А. О возможности использования отработанных нефтепродуктов для производства эмульсола / В. А. Дронченко // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 2009.
4. Эмульсолы и пасты. Методы испытаний : ГОСТ 6243–75. – Минск : Госстандарт Респ. Беларусь, 2012. – 12 с.
5. Акалович, В. В. Методические указания по проведению химического анализа сточных вод / В. В. Акалович, В. А. Малявко. – Минск : Наука и техника, 1989. – 37 с.

### **ОСОБЕННОСТИ КОНТАКТНОГО ИЗНАШИВАНИЯ НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ 9ХС ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ НАГРУЖЕНИЯ**

**Е. А. Астапов**

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

Научный руководитель Е. П. Поздняков

#### **Введение**

Немаловажным фактором, определяющим работу штампового инструмента, является способность материала противостоять контактному разрушению. Механизм такого разрушения сопровождается появлением на поверхности гравюры инструмента сколов и питтингов. Применение высоколегированных дорогостоящих инструментальных сплавов для изготовления малонагруженного штампового инструмента экономически нецелесообразно. На замену им приходят низколегированные инструментальные стали. Встает необходимость определения того уровня прилагаемой нагрузки, при котором материал способен выстоять оптимальное количество циклов стабильной работы инструмента. В работе приведены исследования инструментальной низколегированной стали 9ХС при тех уровнях нагружения, условия которых соответствуют работе малонагруженного штампового инструмента.

#### **Объекты и методы исследований**

Объектом исследований являлась низколегированная инструментальная сталь 9ХС. Термическая обработка данной стали соответствовала стандартным режимам. Партии образцов из стали 9ХС подвергались закалке с температуры 860 °С охлаждением в масле с последующим низкотемпературным отпуском при температуре 200 °С в течение 1 ч. Для определения влияния остаточного аустенита на структуру и свойства сталей часть партий образцов подвергалась криогенной обработке 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 [1]. Данная установка обеспечивает контактное нагружение торцевой поверхности плоской части образца за счет его прокатывания по рабочей поверхности подпружиненного дискового контртела. Испытания проводились при контактном нагружении на образец при 1100 и 1300 МПа. Исследования микроструктуры проводились на оптическом микроскопе Метам РВ-22 при увеличениях 35–700 крат. Твердость определяли на прессе Роквелла ТК-2М при нагрузке 1500 Н.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Микроструктура всех партий образцов из стали 9ХС представляет мартенситную матрицу с равномерно распределенными карбидными включениями (рис. 1). Размер включений не превышает 2 мкм. Как видно из рис. 1, б, применение криогенной обработки после закалки не изменило структуру стали. Криогенная обработка не повлияла и на поверхностную твердость образцов, которая составила в обоих случаях 59–61 HRC.

Регистрация значений износа заканчивалась при достижении глубины лунки износа 0,6 мм, или 30 000 циклов нагружения, что соответствует полной рабочей смене оборудования. Испытания образцов, проводимых при нагружении 1100 МПа (рис. 2, а), показали, что кривые контактного изнашивания соответствуют классическому виду, имеющие 3 этапа [2]. На первом этапе за первые 1000 циклов испытания происходит приработка материала образцов в виде проявления лунки износа. Второй этап, продолжительностью 25000 циклов, представляет собой участок установившегося износа. На данном этапе материал образцов претерпевает наклеп с зарождением дефектов в очаге контактной зоны в виде подповерхностных трещин. Контактная поверхность лунки износа остается достаточно ровной (рис. 3, а). На третьем этапе, после предельного накопления дефектов, происходит интенсивное разрушение материала образцов с образованием питтингов. Механизм питтингообразования заключается в наклепе материала, зарождении трещин контактной усталости с дальнейшим удалением образовавшихся объемов материала, освобождающих свежие слои сплава.

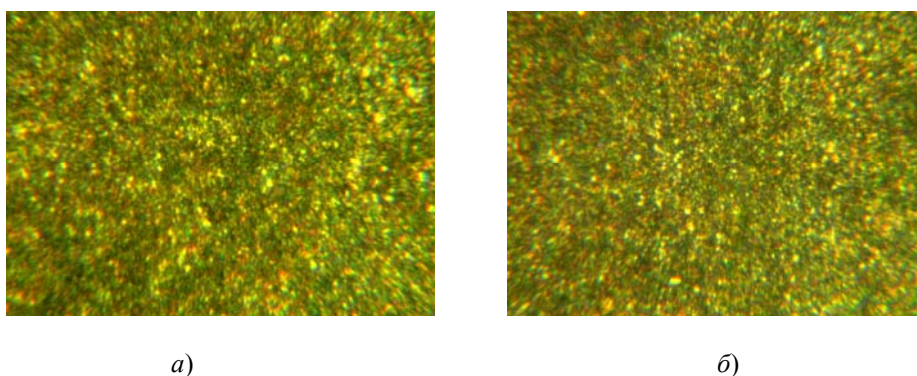


Рис. 1. Микроструктура стали 9ХС ( $\times 700$ ):  
 а – образцы, подвергнутые стандартной термической обработке;  
 б – образцы, прошедшие дополнительную криогенную обработку после закалки

Кривые контактной усталости образцов при 1300 МПа (рис. 2, б) отличаются от образцов, подвергнутых испытаниям при 1100 МПа (рис. 2, а). На кривых усталости присутствуют 2 этапа. Первый этап соответствует приработке материала образцов за первую 1000 циклов нагружения. Второй этап отмечен стабильной работой, при ко-

тором происходит равномерное изнашивание образцов с возникновением подповерхностных трещин с дальнейшим образованием питтингов. Их образование, в основном, происходит в нижней части лунки контакта (рис. 3, в).

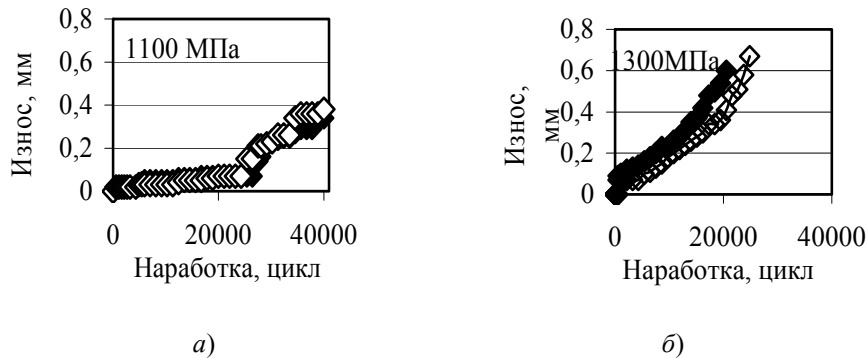


Рис. 2. Кривые, отражающие характер повреждения образцов в процессе контактного нагружения:

*а* – при нагрузке 1100 МПа; *б* – 1300 МПа. Однотонные маркеры отражают износоустойчивость образцов, подвергнутых обработке холодом после закалки

Из рис. 2 видно, что износ образцов, дополнительно подвергнутых криогенной обработке после закалки, незначительно отличается от образцов без ее применения. Испытание образцов при 1100 МПа показало, что количество циклов достигает 40000 циклов при зарегистрированной глубине износа 0,4 мм. Увеличение нагрузки до 1300 МПа приводит к увеличению интенсивности изнашивания образцов, что проявляется в разрушении материала уже на начальном этапе работы инструмента. Максимальное количество циклов при таком нагружении не превышает 20000 циклов (рис. 2, б).

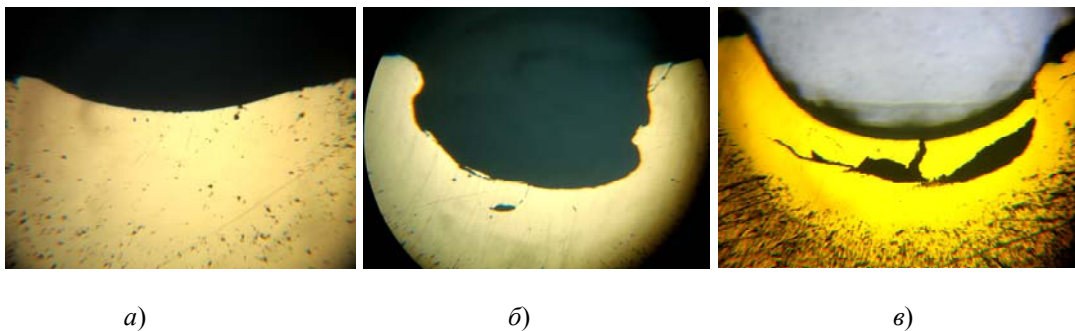


Рис. 3. Разрушение образцов из стали 9ХС ( $\times 35$ ):  
*а* – 10000 циклов; *б* – 35000 циклов; *в* – 18000 циклов;  
*а* и *б* – 1100 МПа, *в* – 1300 МПа

### Заключение

Изучен механизм разрушения материала экспериментальных образцов из инструментальной стали 9ХС при различных уровнях нагружения. Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что наибольшей контактной прочностью обладают образцы из стали 9ХС, контактное нагружение которых не превышает 1100 МПа. Применение криогенной обработки после закалки не влияет на структуру и механические характеристики стали 9ХС.



## Литература

1. Устройство испытания на контактную усталость и износ : пат. 8260 U Респ. Беларусь, МПК (11) G 01N 3/00 ; заявитель Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – № и 20110940 ; заявл. 2011.11.23 ; опубли. 2012.03.01 // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 3 (86). – С. 260–261.
2. Карелин, Е. Н. Закономерности изнашивания зубьев зубчатых передач / Е. Н. Карелин, М. Э. Никифоров, А. В. Тигин // Успехи соврем. естествознания. – 2012. – № 6. – С. 75–76.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ ПО ОБЪЕМУ ОБРАЗЦОВ****М. А. Зверович, В. В. Ханеня***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель С. Б. Сарело

В результате пластической деформации металлов в холодном состоянии происходит изменение их механических, физических и химических свойств. Различные металлы отличаются в широких пределах друг от друга уровнем, до которого их свойства могут быть изменены при деформации. Совокупность явлений, связанных с изменением свойств металлов при обработке давлением в холодном состоянии, характеризуется упрочнением (наклепом) металла. О степени упрочнения довольно точно можно судить по величине микротвердости металлов, которая растет с увеличением степени деформации.

Изменение микротвердости проводилось в осевом сечении образца на приборе ПМТ-3 при нагрузке на индикатор, равной во всех случаях 1 Н. Распределение микротвердости изучалось, в основном, на образцах из стали 20, осаженных с различными скоростями деформации  $V_0$  до различных степеней. Подготовка образцов была такой же, как и для исследования микроструктуры.

На рис. 1 представлен график распределения микротвердости в образце после осаживания его на гидропрессе.  $V_0 = 0,0025$  м/с. По оси абсцисс отложена безразмерная величина  $\frac{D-d}{D}$  ( $D$  – диаметр измеряемого сечения;  $d$  – диаметр, на котором расположена измеряемая точка), а по оси ординат величина средней микротвердости на изучаемом сечении (каждое значение микротвердости – результат пяти замеров). Кривые 1 и 6 показывают распределение микротвердости в сечениях, отдаленных от торцов на расстояние 0,25 мм, 2 и 5 – на расстоянии 1,3 мм, 3 и 4 на расстоянии 2,35 мм (сечение, расположенное на половине высоты осаженного образца). Ход кривых свидетельствует, что максимальную микротвердость имеют объемы металла в центре образца и у торцов (вблизи боковой поверхности), минимальную – в осевом слое (вблизи торцов). Это говорит о том, что наибольшее упрочнение получает центральная часть образца, что вполне согласуется с характером течения металла (центральная часть образца получает максимальную степень деформации).

На рис. 2 и 3 приведены кривые распределения микротвердости в образцах, осаженных с начальными скоростями  $V_0 = 100$  и 320 м/с. Цифрой 1 обозначено сечение, удаленное от ударяемого торца на расстояние 0,3 мм; 2 – на расстояние 1,35 мм; 3 – на расстояние 2,4 мм; 4 – на расстояние 3,45 мм; 5 – на расстояние 4,5 мм; 6 – на расстояние 5,5 мм. Из рис. 2 и 3 видно, что с увеличением скорости деформирования микротвердость вблизи ударяемого торца возрастает. Но, если при скорости деформирования  $V_0 = 100$  м/с микротвердость у торцевых поверхностей меньше, чем в центре образца, то при осаживании с  $V_0 = 320$  м/с микротвердость вблизи ударяемого торца

максимальная, и по мере удаления от ударяемого торца к неподвижному вдоль оси образца все время уменьшается. Роста микротвердости у неподвижного торца при больших степенях осадки (свыше 60 %) не происходит. Это объясняется тем, что вершина параболоида доходит до неподвижного торца, а изменение структуры вблизи вершины параболоида почти не происходит. При скорости осаждения  $V_0 = 150$  м/с распределение микротвердости аналогично распределению микротвердости в образце, осажденном при  $V_0 = 100$  м/с, а при осаждении с  $V_0 = 200$  м/с распределение микротвердости в образце близко к распределению микротвердости при осаждении с  $V_0 = 320$  м/с.

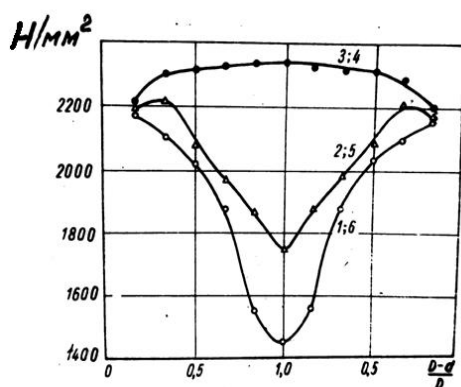


Рис. 1. Распределение микротвердости по объему образца из стали 20 ( $V_0 = 0,0025$  м/с;  $\varepsilon = 80,7$  %)

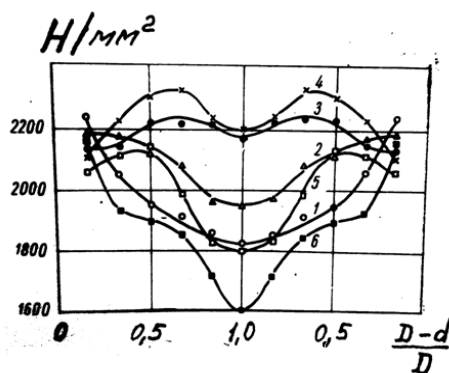


Рис. 2. Распределение микротвердости по объему образца из стали 20 ( $V_0 = 100$  м/с;  $\varepsilon = 77,8$  %)

Рост микротвердости вблизи ударяемого торца при высоких скоростях осаждения можно объяснить тем, что с увеличением скорости деформирования уменьшаются силы контактного трения и металл получает возможность более свободного перемещения относительно контактной поверхности инструмента, при этом увеличивается степень деформации металла в данной зоне и растет микротвердость.

Наличие максимальных значений микротвердости (рис. 3, верхние точки кривой б) при деформации со скоростью  $V_0 = 320$  м/с можно объяснить тем, что эти точ-

ки лежат в области раздела зон деформации, где происходит наиболее интенсивное течение металла (металл получил здесь максимальную степень деформации).

Таким образом, характер распределения микротвердости дополнительно подтверждает, что как при статическом, так и при высокоскоростном осаживании наблюдается значительная неоднородность свойств по объему образца. С увеличением степени осадки микротвердость распределяется более равномерно по объему образца.

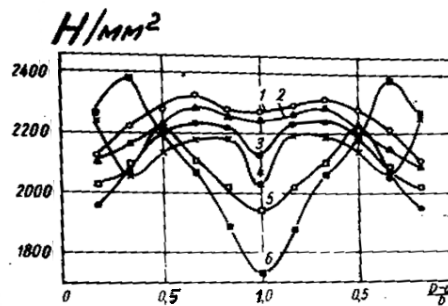


Рис. 3. Распределение микротвердости по объему образца из стали 20 ( $V_0 = 320$  м/с;  $\varepsilon = 83$  %)

На рис. 4 приведены кривые изменения микротвердости по высоте образцов из армко-железа, деформированных с начальными скоростями 0,0025 м/с (кривая 1), 100 м/с (кривая 2), 200 м/с (кривая 3), 320 м/с (кривая 4), до степеней  $\varepsilon = 43$ –45 %. Из графиков видно, что максимум упрочнения с ростом скорости деформирования смещается к торцам образца, где происходит локализация деформации.

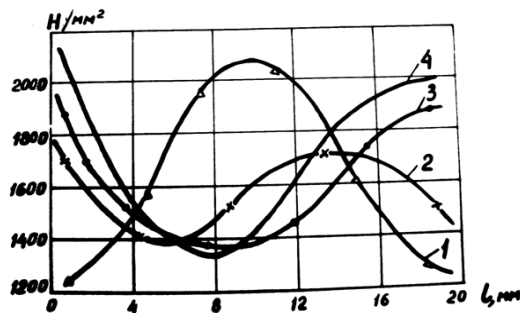


Рис. 4. Распределение микротвердости по высоте образца из армко-железа.  
1 –  $V_0 = 0,0025$  м/с; 2 –  $V_0 = 100$  м/с; 3 –  $V_0 = 200$  м/с; 4 –  $V_0 = 320$  м/с

При измерении микротвердости в образцах из различных материалов установлено, что в областях максимальной деформации микротвердость может быть примерно в 2 раза выше микротвердости данного металла в исходном состоянии.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕСС-ФОРМ В САПР КОМПАС-3D**

**Е. В. Заяц, М. М. Буслов**

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

Научный руководитель С. Н. Целуева

Метод литья под давлением – один из наиболее распространенных методов производства изделий из полимерных материалов, которые применяются в различных сферах: в промышленности, строительстве, медицине, торговле и т. д. Литье под давлением, как метод обработки полимерных материалов, характеризуется высокой производительностью, простотой, однако требует значительных финансовых и временных затрат на изготовление технологической оснастки – пресс-форм, так как от их качества напрямую зависит качество изготавливаемых изделий. Поэтому процесс проектирования пресс-форм требует от конструктора особого профессионализма и мастерства. В этой связи является особенно актуальной возможность применения специализированных программных продуктов, предназначенных для проектирования оснастки, что позволит быстро и качественно проектировать пресс-формы по модели детали.

В настоящее время многие отечественные предприятия для автоматизации проектирования используют программные продукты компании АСКОН, в частности САПР КОМПАС-3D, в состав которой входят различные библиотеки, в том числе 3D-библиотека деталей пресс-форм, которая содержит параметрические трехмерные модели стандартных деталей пресс-форм, элементов фиксации, крепежных элементов и т. д.

Цель работы – автоматизация проектирования технологической оснастки и создания чертежно-конструкторской документации в системе КОМПАС-3D на основе трехмерных твердотельных моделей сборочных единиц и деталей оснастки.

Работа выполнена в рамках темы «3D-моделирование узлов технологической оснастки» учебно-исследовательской лаборатории «Компьютерное моделирование технологических процессов и проектирование оснастки» кафедры «Обработка материалов давлением».

Автоматизированное проектирование пресс-форм заключается в выполнении конструктором совокупности действий, в результате которых создаются трехмерные модели конструкции пресс-формы и ее деталей. На основе этой информации формируется конструкторская документация, необходимая для изготовления пресс-формы.

Разработка трехмерной модели пресс-формы начиналась при следующих исходных данных: чертеж детали «Колесо» (рис. 1, а) и материал, из которого изготавливается данная деталь (полиэтилен низкого давления или полипропилен). В ходе выполнения работы создана 3D-модель пресс-формы и полный комплект конструкторской документации для изготовления детали «Колесо».

Проектирование пресс-формы выполнялось в системе трехмерного моделирования КОМПАС-3D V13 с подключенной 3D-библиотекой деталей пресс-форм.

Построение пространственной геометрической модели проектируемого изделия является центральной задачей автоматизированного проектирования оснастки. Именно эта модель используется для дальнейшего решения задач проектирования оснастки.

Моделирование пресс-формы детали «Колесо» и разработка соответствующей конструкторской документации выполнялись в системе КОМПАС-3D в следующей последовательности:

1. *Создание трехмерной модели детали «Колесо»* (рис. 1, б). Так как деталь представляет собой тело вращения, то для ее моделирования в системе КОМПАС-3D была использована *Операция вращения*, которая позволяет создать тело вращения при помощи формы сечения данного элемента.

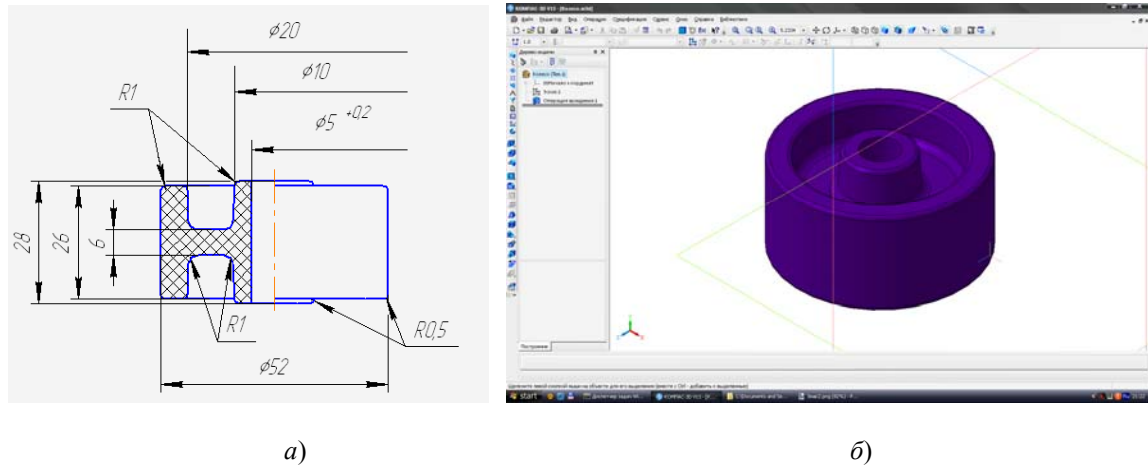


Рис. 1. Операционный эскиз (а) и трехмерная модель (б) детали «Колесо»

2. *Создание формообразующих деталей пресс-формы и их чертежей*. Рабочая зона пресс-формы представляет собой зону, где непосредственно формуется изделие из расплава при литье под давлением. Формообразующие детали пресс-формы по профилю, образующему внутреннюю полость, должны соответствовать чертежу изготавливаемого изделия. Создание моделей формообразующих деталей пресс-формы выполнялось в системе КОМПАС-3D средствами твердотельного моделирования на основе эскизов внешнего контура детали.

Ассоциативные чертежи формообразующих деталей пресс-формы формировались на основании соответствующих моделей путем использования инструментов панели Вид системы КОМПАС-3D V13. Изображения полученных в автоматическом режиме проекций деталей дорабатывались в соответствии с правилами оформления конструкторской документации путем использования таких инструментов системы КОМПАС-3D V13, как простановка размеров, обозначение позиций, шероховатости поверхности, вставка технических требований и т. д. Необходимые разрезы создавались командами *Разрез/сечение*, *Местный разрез* панели инструментов *Виды*.

3. *Проектирование сборочной модели и создание ассоциативного сборочного чертежа пресс-формы*. При проектировании подвижной и неподвижной полуформ пресс-формы были созданы верхняя и нижняя плиты с использованием плит-заготовок 3D-библиотеки деталей пресс-форм. После чего из 3D-библиотеки деталей пресс-форм в сборку пресс-формы были добавлены необходимые стандартные компоненты: ниппели, втулки, знаки, винты, штифты, пружины, упоры, элементы крепления и пр. Результат моделирования – сборочная 3D-модель пресс-формы и ассоциативный чертеж, содержащий аксонометрическую проекцию пресс-формы с разрезом (рис. 2).

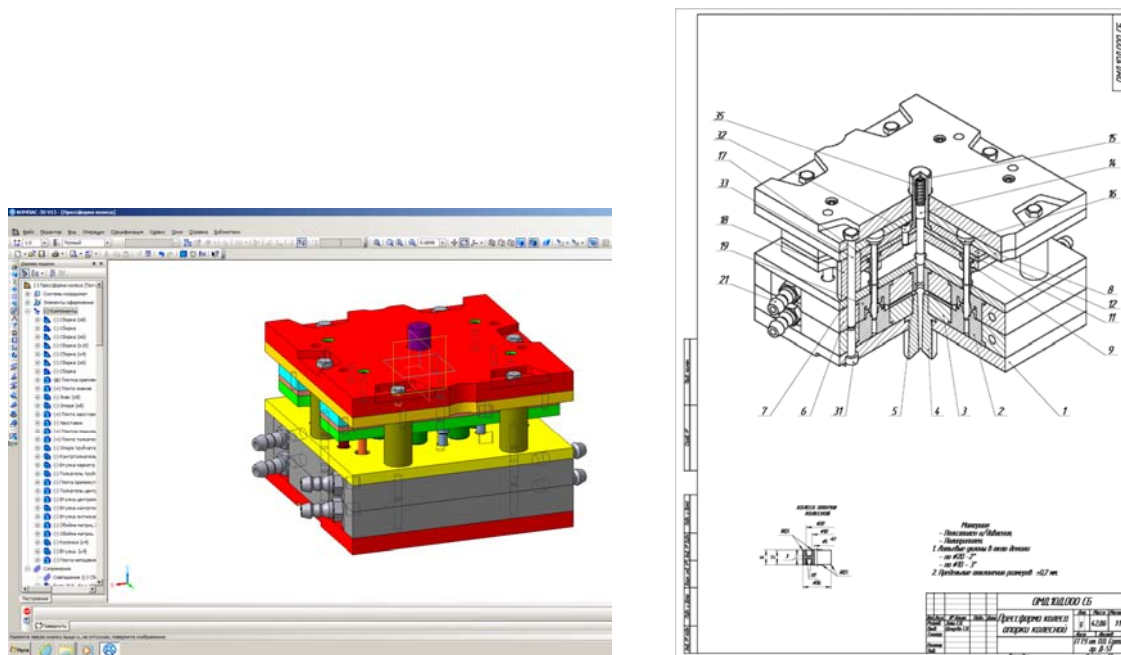


Рис. 2. Сборочная 3D-модель и ассоциативный сборочный чертеж пресс-формы

Модели стандартных деталей пресс-формы выбирались из 3D-библиотеки деталей пресс-форм системы КОМПАС-3D. Сначала из диалогового окна выбиралась стандартная деталь, затем в окне *Свойства детали* для выбранной детали задавались ее параметры: либо использовался стандартный ряд значений, либо в соответствующие поля вкладки *Параметры* окна *Свойства детали* задавались нестандартные значения, при этом кнопка ГОСТ предварительно отжималась.

Ассоциативный сборочный чертеж пресс-формы формировался на основании его модели путем использования инструментов панели *Виды* системы КОМПАС-3D V13. Чертежи стандартных деталей, добавленных из 3D-библиотеки деталей пресс-форм, формировались автоматически в процессе их добавления в сборку. Для этого предназначена вкладка *Чертеж* окна *Свойства детали* 3D-библиотеки.

4. *Разработка спецификации.* Спецификация на пресс-форму формировалась автоматически в процессе ее проектирования и наполнения отдельными параметрическими моделями 3D-библиотеки деталей пресс-форм. Для этого предназначена вкладка *Спецификация* окна *Свойства детали* для стандартных деталей из 3D-библиотеки.

В результате выполнения работы в автоматизированном режиме с использованием 3D-библиотек деталей пресс-форм системы КОМПАС-3D была спроектирована сборочная модель пресс-формы для изготовления детали «Колесо», создан ассоциативный чертеж пресс-формы и чертежи деталей, разработаны спецификации.

Автоматизация проектирования конструкций пресс-форм различного типа с использованием трехмерного моделирования в системе КОМПАС-3D позволяет повысить скорость и качество проектирования. Эффективность проектирования и оформления полного комплекта чертежно-конструкторской документации на пресс-форму в системе КОМПАС-3D определяется использованием входящего в ее состав специализированного программного средства – 3D-библиотеки деталей пресс-форм.

Представленная в работе методика автоматизированного проектирования оснастки для литья под давлением позволяет оценить обеспечение необходимой прочности,

рациональности, материалоемкости конструкции пресс-формы, ее надежности и долговечности, а также облегчить разработку технологического процесса изготовления оснастки.

Методика автоматизированного проектирования пресс-форм и создания чертежно-конструкторской документации в системе КОМПАС-3D V13 внедрена в учебный процесс специальности 1-36 20 02 «Упаковочное производство».

#### Литература

1. 3D-библиотека деталей пресс-форм. Руководство пользователя. – ЗАО «АСКОН», 2008. – 99 с.
2. Большаков, В. П. Построение 3-D моделей сборок в системе автоматизированного проектирования «КОМПАС» / В. П. Большаков. – СПб. : СПб ГЭТУ «ЛЭТИ», 2005. – 80 с.
3. Ганин, Н. Б. Автоматизированное проектирование в системе КОМПАС-3D / Н. Б. Ганин. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 360 с.
4. Система проектирования спецификаций. Руководство пользователя. – ЗАО «АСКОН», 2008 – 244 с.

## ПОВЫШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННОЙ АРМАТУРЫ

Е. М. Быкова

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

Научный руководитель А. М. Урбанович

Холоднодеформированная арматурная сталь в бунтах широко применяется в строительной индустрии в виде сеток, плоских и объемных каркасов.

Это обусловлено ее комплексом пластических и прочностных свойств, которые являются оптимальными для железобетонных конструкций без предварительного напряжения. Преимущества холоднодеформированной арматуры в сравнении с горячекатаной: отсутствие окалины; более высокая коррозионная стойкость; меньший износ правильного оборудования за счет отсутствия продольных ребер; возможность производства в узких диапазонах по линейной массе; меньше удельные затраты на единицу прочности; выше качество намота в бунте.

Основными качественными характеристиками арматуры, которые обеспечивают безопасную эксплуатацию таких конструкций, являются номинальный диаметр, отношение временного сопротивления разрыву к условному пределу текучести ( $\sigma_b / \sigma_{0,2}$ ), полное относительное удлинение при максимальной нагрузке ( $Agt$ ), условный предел текучести. В качестве приведенной характеристики для оценки сцепления арматуры и бетона используют относительную площадь смятия ( $Fr$ ), величина которой зависит от ее геометрических параметров. Минимально допустимая величина условного предела текучести устанавливает класс прочности арматуры.

В соответствии с евростандартом DIN 488–2009 определены два класса пластичности арматуры. Для того чтобы понять разницу в классах пластичности, необходимо обратиться к общей норме, регламентирующей свойства арматурной стали EN 1992 (Еврокод 2), где определены 3 класса пластичности арматуры (табл. 1). При этом способ производства арматуры и конфигурация профиля не описывается.

## Основные характеристики арматурной стали

Класс пластичности арматуры	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Условный предел текучести	400–600		
Полное относительное удлинение, %	≥2,5	≥5,0	≥7,5
Отношение предела прочности к пределу текучести	≥1,05	≥1,08	≥1,15≤1,35

Приведенные характеристики арматуры должны быть обеспечены с учетом падения пластических свойств после механической правки. Класс *A* – нормальная пластичность, *B* – повышенная пластичность, *C* – арматурная сталь для сейсмически активных зон.

Одним из наиболее востребованных видов арматуры является арматура трехстороннего серповидного периодического профиля класса прочности 500 МПа (рис. 1).



Рис. 1. Арматура трехстороннего серповидного периодического профиля

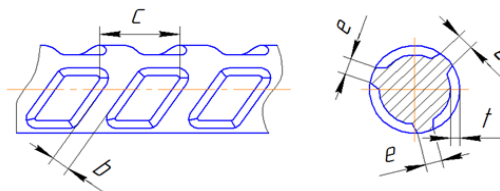


Рис. 2. Профилированная арматура

Основной технологической операцией при изготовлении холоднодеформированной арматуры является нанесение необходимого профиля на горячекатаную заготовку (катанку) из низкоуглеродистой стали обыкновенного качества в не приводных прокатных клетях.

Для обеспечения необходимого уровня относительной площади смятия суммарное обжатие при нанесении профиля составляет 15–30 %, что приводит к существенной потере пластичности по отношению к уровню пластичности катанки. Данная традиционная технология позволяет получать арматурную сталь только класса пластичности *A*, что ограничивает ее применение и нивелирует все достоинства перед горячекатаной арматурой, описанные выше.

В связи с этим потребители для увеличения конкурентоспособности холоднодеформированной арматуры вносят дополнительные требования в контракты, а именно более жесткие, чем описанные в стандартах требования по полному относительному удлинению и по параметру отношение временного сопротивления разрыву к условному пределу текучести. Кроме этого потребители вносят требования по отгрузке арматуры только с минусовым допуском линейной массы, что еще больше увеличивает степень относительного обжатия.

В настоящее время для обеспечения требований потребителей специалистами БМЗ была разработана и запатентована марка стали *Арх-В*. Это низкоуглеродистая марка стали микролегированная бором, которая позволяет обеспечивать необходимый минимум пластических свойств класса пластичности *A* холоднодеформированной арматуры минусовым допуском линейной массы.



Очевидно, что тенденция европейских рынков направлена на получение арматурной стали в бунтах, имеющей все преимущества холоднодеформированной арматуры с пластическими характеристиками, идентичными классу *B*, т. е. горячекатаной.

Существует несколько направлений по получению бунтовой арматуры класса *B*:

- «растяжение – знакопеременный изгиб» горячекатаной арматуры;
- уменьшение суммарных обжатий до 6–10 % при сохранении необходимого уровня относительной площади смятия;
- дополнительная обработка готовой арматуры.

Способ «растяжение – знакопеременный изгиб», или «stretching – bending with rebending» (аббревиатура SBR), – это растяжение в устройствах со знакопеременным изгибом с малой степенью деформации (5–8 %) арматурного проката с готовым периодическим профилем, полученным при горячей прокатке. Данный способ производства устраняет ряд недостатков горячекатаной арматуры, но экономические не целесообразны при производстве арматуры малых диаметров.

Уменьшение степени обжатия при нанесении профиля до 6–10 % возможно за счет изменения рисунка профиля с серповидного на профилированный, обеспечивающий необходимый уровень относительной площади смятия при малых обжатиях (рис. 2).

С точки зрения экономической привлекательности данный способ имеет существенные преимущества перед SBR процессом, так как не требует больших капитальных вложений в оборудование – достаточно произвести замену профилирующего инструмента. Существенным недостатком данного способа является высокие требования к геометрическим параметрам катанки для обеспечения удельных обжатий в пределах 6–10 %.

Для получения арматурной стали класса *B* специалистами БМЗ было предложено использовать «возврат» готовой арматурной стали. То есть нагрев до температуры не более 450 °С. При таком нагреве снимается большая часть внутренних напряжений холоднодеформированной стали без изменения ее микроструктуры.

Первоначальные эксперименты по термообработке арматуры позволили сделать определенные выводы:

1. Нагрев до температуры 250 °С не оказывает существенного влияния на пластические и прочностные характеристики арматуры.

2. Нагрев до температуры 350 °С позволяет повысить в 1,7–1,8 раза относительное удлинение при максимальной нагрузке и на 0,07 единиц отношение временного сопротивления разрыву к условному пределу текучести. Данные свойства арматуры фактически соответствуют классу пластичности *B*.

3. Нагрев до температуры 450 °С позволяет повысить в 2,5 раза относительное удлинение при максимальной нагрузке и на 0,12–0,15 единиц отношение временного сопротивления разрыву к условному пределу текучести. Данные пластические свойства арматуры соответствуют не только классу пластичности *B*, но и *C*.

4. Время выдержки при всех режимах термообработки на свойства арматурной стали заметного влияния не оказывает.

Для окончательной оценки целесообразности использования индукционного нагрева в линии стана и применения ускоренного охлаждения проводились дополнительные эксперименты с применением скоростного нагрева (индукторов).

Нагрев производили на фирме-изготовителе устройств индукционного нагрева ЗАО «Белтехнология и М» при участии представителей БМЗ. Для проведения работы произвели отбор образцов арматуры диаметром 6,0 мм марок стали *Apx-1* и *Apx-B*.

**Результаты физико-механических испытаний арматуры  
при различных режимах термообработки**

Режим термообработки	Временное сопротивление разрыву, Н/мм <sup>2</sup>	Условный предел текучести, Н/мм <sup>2</sup>	Отношение предела прочности к условному пределу текучести	Полное относительное удлинение при максимальной нагрузке $Agt$ , %
Арх-1 / Арх-В				
Без термообработки	$\frac{620-628}{634} / \frac{682-689}{636}$	$\frac{368-379}{372} / \frac{380-393}{387}$	$\frac{1,08-1,10}{1,09} / \frac{1,08-1,09}{1,08}$	$\frac{4,3-5,0}{4,6} / \frac{3,6-4,0}{3,8}$
Нагрев 350–450 °С. Охлаждение на воздухе до комнатной температуры	$\frac{593-608}{600} / \frac{640-647}{643}$	$\frac{309-318}{330} / \frac{303-309}{366}$	$\frac{1,16-1,17}{1,16} / \frac{1,13-1,14}{1,14}$	$\frac{7,6-10,2}{9,2} / \frac{6,4-7,0}{6,8}$
Нагрев 350–450 °С. Охлаждение в воде до комнатной температуры	$\frac{617-628}{622} / \frac{647-660}{657}$	$\frac{324-344}{331} / \frac{300-370}{370}$	$\frac{1,16-1,19}{1,17} / \frac{1,16-1,16}{1,16}$	$\frac{7,6-9,6}{8,3} / \frac{6,4-9,6}{8,6}$
Нагрев 350–450 °С. Охлаждение в воде до 100–150 °С	$\frac{610-625}{618} / \frac{660-665}{662}$	$\frac{327-334}{330} / \frac{371-378}{374}$	$\frac{1,16-1,17}{1,17} / \frac{1,16-1,16}{1,16}$	$\frac{7,6-8,4}{7,3} / \frac{8,8-9,9}{9,9}$

Из табл. 2 видно отсутствие различий в пластических характеристиках арматуры при различных режимах охлаждения. Сравнивая результаты, очевидно, что основным фактором является температура нагрева, а не время выдержки. Пластические характеристики арматуры, изготовленной из стали марки *Арх-1*, выше, чем из стали марки *Арх-В*. При этом вся арматура после термообработки соответствует классу пластичности *В*, а арматура марки *Арх-1* соответствует классу пластичности *С*.

### ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ ТРУБ НА РЕДУКЦИОННО-РАСТЯЖНОМ СТАНЕ

М. В. Оборов

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

Научный руководитель М. Н. Верещагин

В настоящее время бесшовные трубы являются одним из основных элементов, применяемых в самых различных отраслях промышленности. Горячекатаные бесшовные трубы находят свое применение в машиностроении, нефтегазодобывающей и строительной промышленности, коммунальном хозяйстве, машиностроении.

Третий основной шаг производства бесшовных труб в трубопрокатном производстве представляет собой прокатку черновой трубы на редуционно-растяжном стане (стан РРС).

В стане PPC – черновая труба проходит через прокатную линию, на которой в направлении подачи трубы расположено 28 прокатных клеток. В каждой прокатной клетке установлено 3 вала. При прокатке изменяется толщина стенки и диаметр трубы за счет изменения калибров каждой клетки и создаваемого натяжения между ними. Валки клеток приводятся одним общим приводом. Привод включает в себя шесть двигателей, вращение которых суммируется в трех редукторах таким образом, что возникает необходимое повышение скорости прокатки в расположенных друг за другом прокатных клетках (рис. 1).

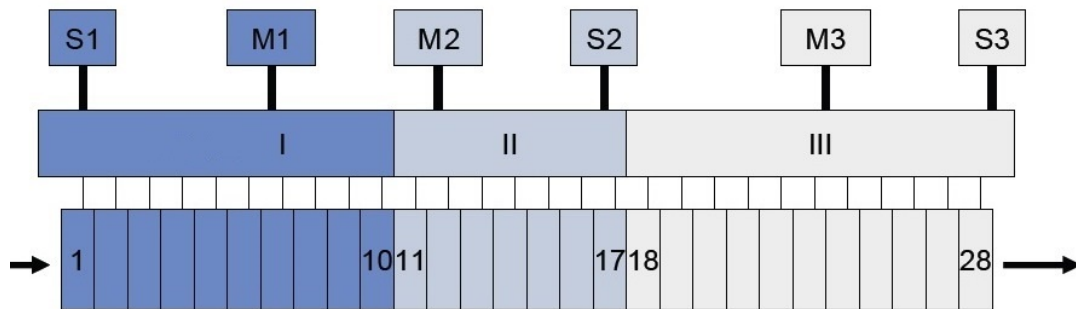


Рис. 1. Схема привода стана PPC:  
M1, M2, M3 – основной привод; S1, S2, S3 – привод наложения (суперпозиции);  
I, II, III – суммирующий редуктор

Скоростные режимы прокатки в стане рассчитываются автоматически программным модулем системы «CARTA SRM», вывод которых не представляется возможным.

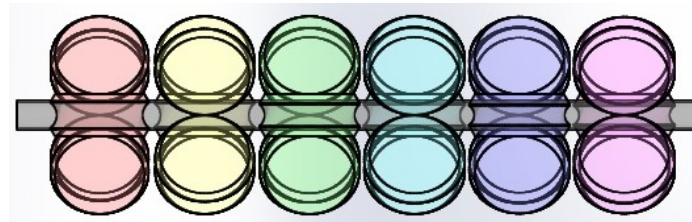


Рис. 2. Геометрическая модель прокатки

Исследование, проведенное в данной работе, позволило определить значения скоростей выходных валов редуктора I.

Была построена численная модель процесса прокатки, которая позволяет определять значения напряжений, деформаций и температурных параметров в очаге деформации, а также силовые параметры, действующие на инструмент, – прокатные валки (рис. 2, 3).

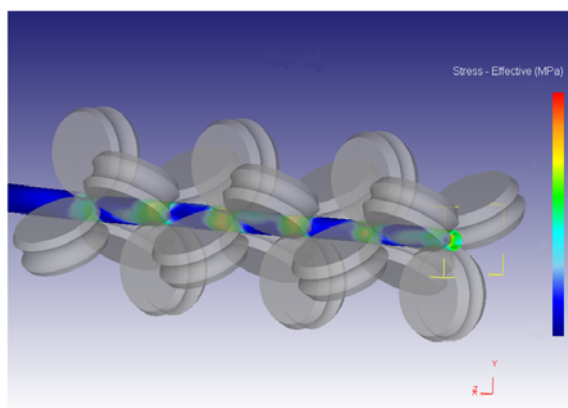


Рис. 3. Численная модель прокатки в стане PPC

Адекватность численной модели доказана сравнением расчетных и фактических значений геометрических параметров прокатки (см. таблицу). Согласование итоговых значений указывает на корректность расчета всех других параметров раскатки.

#### Сравнение фактических и расчетных значений параметров прокатки

Значения	Наружный диаметр, мм	Внутренний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Температура на выходе, °С	Скорость на выходе, м/с
Фактические значения	89,3	73,14	8,08	882	2,3
Расчетные значения	89,9	73,98	7,96	881	2,1

Таким образом, получены следующие основные результаты:

Построена адекватная численная модель процесса прокатки труб на стане PPC, которая позволяет определить геометрию готовой трубы.

Подтверждена корректность определения скоростей по клетям стана.

## Секция III ЭНЕРГЕТИКА

### ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ВОДЫ СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНЫМИ УСТАНОВКАМИ ПАРОКОМПРЕССИОННОГО ТИПА

Д. С. Трошев, К. А. Хаванский

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

Научный руководитель А. В. Овсянник

#### **Введение**

Как показывает анализ тепловых ВЭР промышленных предприятий, обратная вода является одним из основных источников тепловых ВЭР низкого потенциала. Рассматриваемое решение заключается в установке ТНУ типа «вода–вода» для утилизации тепла системы оборотного водоснабжения, которое на данный момент удаляется с помощью градирен, с последующим использованием для системы отопления предприятия в зимний период и (или) нагрева воды для ГВС круглый год.

#### **1. ПТН для обеспечения нагрузки ГВС**

В зависимости от соотношения нагрузки ГВС и мощности, вырабатываемой ПТН, возможны две схемы использования тепловых насосов:

1) нагрузка ГВС больше или равна вырабатываемой мощности – необходим догрев горячей воды после ТН.

2) нагрузка ГВС меньше вырабатываемой мощности – необходимо дополнительное охлаждение обратной воды в градирне.

Для всех вариантов требуется установка бака-аккумулятора ГВС, так как выход тепловых ВЭР для печей и компрессоров носит периодический характер, а график потребления горячей воды имеет пики во время окончания работ и в обеденный перерыв.

Одним из важнейших требований к работе технологических агрегатов, охлаждаемых водой, является постоянство протока охлаждающей воды. При этом необходимо решать задачу обеспечения постоянства потребления вырабатываемой тепловой нагрузки, так как при исчезновении нагрузки ГВС тепловому насосу некуда будет сбрасывать излишки теплоты. Кроме того, при выходе из строя ПТН или при недостаточной нагрузке ГВС необходимо обеспечить охлаждение воды, что ведет к необходимости установки градирни параллельно ПТН. Это следует учитывать при проектировании новых схем охлаждения обратной воды. Если на предприятии уже функционирует система оборотного водоснабжения с охладителями, то задача упрощается, так как данная система резервирует ПТН и обеспечивает надежность охлаждения установок.

*Расчет эффективности от установки теплового насоса взамен градирни*

Исходные данные: температура холодной воды:  $t_{гв}^I = 10$  °С; температура горячей воды:  $t_{гв}^{II} = 45$  °С; температура охлаждаемой воды на входе в ПТН:  $t_{об}^I = 30$  °С; температура охлаждаемой воды на выходе из ПТН:  $t_{об}^{II} = 17,5$  °С; холодопроизводительность:  $Q_0 = 800$  кВт; хладагент R134a.

Определяем удельные характеристики цикла:

а) работа компрессора, кДж/кг:

$$l_k = h_2 - h_1 = 430 - 405 = 25 \text{ кДж/кг}; \quad (1)$$

б) теплота полученная в конденсаторе, кДж/кг:

$$q_k = h_2 - h_3 = 430 - 248 = 192 \text{ кДж/кг}; \quad (2)$$

в) теплота, забранная в испарителе, кДж/кг:

$$q_0 = h_1 - h_3 = 405 - 248 = 157 \text{ кДж/кг}; \quad (3)$$

г) теоретический коэффициент преобразования теплоты [1]:

$$\mu_{\text{птт}} = \frac{q_k}{l_k} = \frac{192}{25} = 7,68; \quad (4)$$

д) с учетом потерь в компрессоре действительный коэффициент преобразования теплоты:

$$\mu_{\text{птт}}^{\text{д}} = \mu_{\text{птт}}^{\text{а}} \cdot \eta_i = 7,68 \cdot 0,78 = 5,99. \quad (5)$$

Массовый расход хладагента:

$$m = \frac{Q_0}{q_0} = 5,1 \text{ кг/с}. \quad (6)$$

Тепловая мощность конденсатора:

$$Q_k = q_k \cdot m = 192 \cdot 5,1 = 978 \text{ кВт}. \quad (7)$$

Потребляемая мощность компрессора:

$$N_k = \frac{Q_k}{\mu_{\text{птт}}^{\text{д}}} = \frac{9,78}{5,99} = 163 \text{ кВт}. \quad (8)$$

При наличии бака-аккумулятора ГВС, который сглаживает колебания нагрузки и односменном режиме работы годовая выработка тепловой энергии составит:

$$\Delta Q_{\text{год}} = Q_k \tau_{\text{год}} = 978 \cdot 2015 = 1971 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч} = 1695 \text{ Гкал}. \quad (9)$$

Годовое потребление электроэнергии на привод компрессора:

$$\Delta W_{\text{год}} = N_k \tau_{\text{год}} = 163 \cdot 2015 = 328 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч}. \quad (10)$$

Годовая экономия условного топлива:

$$\Delta B_{\text{год}} = \Delta Q_{\text{год}} \cdot 0,175 - \Delta W_{\text{год}} \cdot 0,28 = 1695 \cdot 0,175 - 328 \cdot 0,28 = 204,8 \text{ т у. т.} \quad (11)$$

Годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = \Delta B_{\text{год}} \cdot C_{\text{у.т}} = 204,8 \cdot 250 = 51200 \text{ у. е.} \quad (12)$$

Простой срок окупаемости проекта:

$$T = \frac{K}{\mathcal{E}_{\text{год}}} = \frac{219000}{51200} = 4,3 \text{ года,} \quad (13)$$

где  $K$  – капиталовложения в мероприятие.

Таким образом, так как срок окупаемости теплового насоса менее 5 лет, то данное мероприятие является экономически целесообразным. А учитывая, что срок службы ПТН составляет не менее 15 лет, то его установка принесет значительную экономию денежных средств предприятия. При двухсменном режиме работы срок окупаемости сокращается до 2,2 лет. При этом стоимость 1 кВт установленной мощности для крупных тепловых насосов (с учетом проектирования, монтажа и наладки) составляет около 220 у. е. [2], а годовая экономия условного топлива составляет около 205 кг у. т./кВт, что позволяет судить о применимости выводов для всего ряда ПТН большой мощности.

## 2. ПТН для обеспечения нагрузки отопления и вентиляции

При использовании теплоты оборотной воды в ПТН для обеспечения нагрузки отопления возможны следующие схемы включения ПТН в зависимости от соотношения отопительной нагрузки и количества произведенного тепла:

1) вырабатываемая мощность меньше отопительной нагрузки;

2) вырабатываемая мощность больше или равна отопительной нагрузке. В данном случае ПТН может полностью обеспечить потребность в тепле системы отопления, однако так как период стояния низких температур невелик, то такая схема может быть экономически не целесообразна (приводит к завышению установленной мощности). Излишки теплоты сбрасываются на градирню.

Кроме того, следует учитывать снижение расхода теплоты на охлаждение технологических агрегатов в зимнее время, что может серьезно повлиять на условия выбора мощности теплового насоса, особенно в условиях отсутствия отопления цеха.

Для обеспечения энергетически и экономически целесообразных режимов работы тепловых насосов в качестве источника теплоты на отопления и вентиляцию следует использовать низкотемпературные способы отопления. Для промышленных предприятий таким способом является система воздушного отопления цехов, что позволяет, во-первых, быстро повысить температуру внутри рабочей зоны, а во-вторых, позволяет отапливать зоны, где находятся рабочие. При воздушном отоплении температура воздуха не превышает 30 °С, что позволяет подогревать его в калориферах с температурой теплоносителя 35–45 °С. Для ПТН это означает повышение КОПа и, как следствие, увеличение энергетической эффективности. Регулирование количества теплоты осуществляется регулированием частоты вращения ПТН и подачи вентилятора.

Определение эффективности внедрения теплового насоса для систем отопления ведем аналогично расчету на ГВС для каждого диапазона температур наружного воздуха. Результаты занесем в таблицу.

**Расчет зависимости срока окупаемости внедрения ПТН от расчетной температуры наружного воздуха на отопление**

Расчетная температура, °С	Установленная мощность ПТН, кВт (по т/э)	Годовая экономия условного топлива, т у. т.	Экономический эффект, у. е.	Капвложения, у. е.	Срок окупаемости, лет
-24,0	1000,0	198,7	49679,7	220000,0	4,43
-19	871,8	199,0	49744,1	191794,9	3,86
-13	717,9	196,3	49068,3	157948,7	3,22
-7	564,1	188,3	47075,7	124102,6	2,64
-3	461,5	176,7	44163,9	101538,5	2,30
3	307,7	143,9	35984,8	67692,3	1,88
8	205,1	97,8	24438,4	45128,2	1,85

### **Заключение**

Для ПТН большой мощности при использовании для подогрева воздуха в воздушной системе отопления для Гомеля энергетически целесообразно применять его для покрытия лишь базовой части нагрузки. Однако так как во всем диапазоне температур сроки окупаемости менее 5 лет, следовательно, ПТН можно выбирать по максимальной нагрузке.

### **Литература**

1. Проценко, В. П. Коэффициент преобразования парокompрессионных тепловых насосов / В. П. Проценко, В. А. Радченко // Теплоэнергетика. – 1998. – № 8. – С. 32–42.
2. Тепловые насосы и теплонасосные установки производства СПб филиала ОАО «Радиотехнический институт имени А. Л. Минца». – Режим доступа: <http://www.proteplonasos.ru/nt-400.html>. – Дата доступа: 15.09.2014.

## **АНАЛИЗ СХЕМЫ ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ**

**А. С. Байкова**

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

Научный руководитель М. Н. Новиков

Надежное и устойчивое функционирование системы газоснабжения населенного пункта и подключенных к ней потребителей напрямую зависит от надежности функционирования всех звеньев системы снабжения и, в частности, от безотказной и безаварийной работы газораспределительных (газорегуляторных) пунктов (ГРП), установок (ГРУ) и самих газопроводов. Назначением таких газораспределительных пунктов является:

1) снижение входного давления газа до заданного выходного и поддержания выходного давления газа в заданных пределах вне зависимости от изменения расхода газа потребителями и изменения давления на входе;

2) контроль значений входного и выходного давления газа; контроль текущей температуры газа; механическая очистка газа; учет расхода газа (если на ГРП возложены функции и дросселирования, и учета);

3) защита от возможного повышения или понижения давления газа с выходом за регламентные границы [1].



Целью работы является принцип работы и целесообразность использования системы телемеханизации ГРП.

Для сбора данных ПРУП «Гомельоблгаз» используется схема телеметрии «Индел».

Система сбора данных – комплекс средств, предназначенный для работы совместно с персональным компьютером либо специализированной ЭВМ и осуществляющий автоматизированный сбор информации о значениях физических параметров в заданных точках объекта исследования с аналоговых и/или цифровых источников сигнала, а также первичную обработку, накопление и передачу данных [2].

Преимущества оборудования ЗАО «Индел»: более гибкая архитектура построения ССД, позволяющая применять различные варианты подключения большего количества датчиков, меньшее потребление электрической мощности, более удобный интерфейс программного обеспечения, более низкая стоимость.

Связь с каждым удаленным терминалом может быть организована в зависимости от местных условий несколькими способами. В системе могут быть использованы следующие виды связи:

- по радиоканалу;
- по проводной линии (коммутируемой или выделенной);
- по GSM-каналу.

Передача по проводной линии происходит следующим образом: на передающей стороне датчики преобразуют нужный нам параметр в электрический сигнал, который поступает на контроллер, который преобразует этот сигнал в двоичный код. Далее информация в двоичном коде по витой паре поступает на модем и через интерфейс RS-232 – на компьютер диспетчера.

Достоинства:

- 1) высокая надежность;
- 2) простота монтажа;
- 3) мгновенность получения данных;
- 4) невысокая стоимость.

Недостатки:

- 1) малое расстояние передачи;
- 2) необходимость прокладки кабеля.

Передача по радиоканалу происходит следующим образом: на передающей стороне формируется сигнал с требуемыми характеристиками (частота и амплитуда сигнала). Далее передаваемый сигнал модулирует более высокочастотное колебание (несущее). Полученный модулированный сигнал излучается антенной в пространство. На приемной стороне радиоволны наводят модулированный сигнал в антенне, после чего он демодулируется (детектируется) и фильтруется ФНЧ (избавляясь тем самым от высокочастотной составляющей – несущей). Таким образом, происходит извлечение полезного сигнала. Получаемый сигнал может несколько отличаться от передаваемого передатчиком (искажения вследствие помех и наводок).

Достоинства:

- 1) быстрая передача информации;
- 2) выделенный канал;
- 3) отсутствие необходимости дозвона.

Недостатки:

- 1) наличие радиопомех;
- 2) небольшое расстояние (до 25 км);
- 3) высокая стоимость по сравнению с проводной.

Использование сотовых систем связи оправдано в случаях, когда необходимо снизить габариты аппаратуры, уровень собственных электромагнитных излучений (и, соответственно, потребляемую аппаратурой мощность от автономного источника электропитания или бортсети), а также когда нужно обеспечить большую площадь действия системы. Параметры канала передачи данных позволяют обеспечить передачу речевой или малокадровой видеоинформации, что позволяет реализовать дополнительные функции обеспечения безопасности (передачу кодированной речи, скрытное прослушивание или скрытное наблюдение).

Принцип организации передачи данных по каналу GSM аналогичен передаче данных по радиоканалу. Отличие состоит в том, что вместо радиостанций используется GSM-модем, поддерживающий связь с сотовым оператором.

Достоинства:

- 1) отсутствие границ для передачи;
- 2) небольшие габариты аппаратуры.

Недостатки:

- 1) зависимость от покрытия сетью;
- 2) необходимость дозвона, что требует временных затрат;
- 3) зависимость от загрузки сети;
- 4) высокая стоимость.

Рассмотрена схема телемеханизации ГПП на примере ГПП № 8 в г. Гомеле по ул. Пролетарской.

В ящике телеметрии (рис. 1) расположен контроллер ИНДЕЛ-1708/1, модуль передачи данных GSM-модем, контроль температуры и давления, контроль загазованности, модуль грозозащиты, контроль открытия дверей, щиток электропитания и др.



Рис. 1. Ящик телеметрии

Программа мониторинга позволяет отслеживать работу ГПП с любого места. В рассматриваемом ГПП используется GSM сигнал.

Использование телемеханизации на ГПП позволяет:

- осуществлять дистанционный контроль режимов работы технологического оборудования;
- совершать многоканальные измерения параметров давления;
- автоматизировать процессы сбора телеметрической информации на диспетчерских пунктах;

– быстро обнаруживать и отображать нештатные ситуации: аварии, проникновения посторонних лиц на контролируемые объекты, критические значения технологических параметров;

– сократить количество посещений ГРП для сбора данных.

Использование телеметрии помогает обеспечить безопасную и бесперебойную подачу природного и сжиженного газа потребителям, что является основной задачей предприятий газоснабжения нашей страны.

#### Л и т е р а т у р а

1. Кальянов, В. В. Современная телеметрия и учет газа на ГРП / В. В. Кальянов, В. В. Дыхнилкин // Мир Автоматизации. – 2012. – № 1. – Режим доступа: <http://www.microl.com.ua/index.php?option=comcontent&view=article&id=216:2012-03-13-14-42-51&catid=49:2009-01-28-08-26-24&Itemid=92>. – Дата доступа: 29.03.2015.
2. Система сбора данных / Образоват. портал. – 2014. – Режим доступа: [http://edu.dvgups.ru/METDOC/GDTRAN/YAT/AT/M\\_I-U\\_S/METHOD/UP/frame/1.htm](http://edu.dvgups.ru/METDOC/GDTRAN/YAT/AT/M_I-U_S/METHOD/UP/frame/1.htm). – Дата доступа: 29.03.2015.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СЛОЖНЫХ ЦЕПЯХ С НЕЛИНЕЙНОЙ ИНДУКТИВНОСТЬЮ**

**Д. В. Филимонов**

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

Научный руководитель Л. Г. Бычкова

Переходные процессы в нелинейных электрических цепях описываются системой нелинейных дифференциальных уравнений, точное аналитическое решение которых возможно только для узкого круга задач. В более сложных случаях практически единственным методом является метод математического моделирования переходных процессов – численного интегрирования системы нелинейных дифференциальных уравнений. Переходные процессы в нелинейных цепях могут существенно отличаться от переходных процессов в аналогичных по структуре линейных цепях. Нелинейность характеристики какого-либо элемента цепи может привести или только к количественному изменению переходного процесса или к его качественным изменениям. В первом случае на некоторых отрезках времени скорость переходного процесса увеличивается, а на других отрезках времени – замедляется. Во втором случае в цепи возникают качественно новые явления, принципиально невозможные в линейных цепях, например, незатухающие автоколебания.

Целью данной работы является сравнение расчета переходных процессов в нелинейных цепях методом математического моделирования с данными, полученными в эксперименте, и обоснование применимости этого метода при решении нелинейных задач.

При математическом моделировании переходных процессов в нелинейных цепях используются дифференциальные параметры нелинейных элементов, которые должны быть представлены в аналитической форме. Это, в свою очередь, требует аппроксимации нелинейной характеристики. В данной работе в качестве нелинейного элемента выбрана реальная индуктивность с известной вебер-амперной характеристикой, заданной графически. Наиболее точной оказалась аппроксимация гиперболическим синусом.

$$i = \alpha \operatorname{sh}(\beta \psi).$$

На рис. 1 для сравнения представлены графики аппроксимации (сплошная линия) и вебер-амперной характеристики (пунктирная линия). Кривые имеют хорошее совпадение.

$$i = 0,011 \operatorname{sh}(728,215 \cdot \psi).$$

Анализ переходных режимов в нелинейных электрических цепях требует использования динамических характеристик нелинейных элементов, которые, в свою очередь, зависят от происходящих в них переходных процессов. Это приводит к тому, что все расчеты носят приближенный характер и требуют обоснованности применения дифференциальных параметров, что можно выявить только при сравнении результатов расчета с экспериментом. Дифференциальная индуктивность ( $L$ , Гн) катушки равна

$$L_d(i) = \frac{d\psi}{di} = \frac{1}{\alpha\beta \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{i}{\alpha}\right)^2}}.$$

Для проверки соответствия выбранной аппроксимации реальным процессам перемagnetизации нелинейной катушки выполнен расчет переходного процесса методом переменных состояния в цепи первого порядка ( $R, L$ ) с помощью ЭВМ и эксперимент на лабораторном стенде. Сравнение графиков, полученных при расчете и экспериментальных осциллограмм, показало хорошее совпадение результатов (рис. 2).

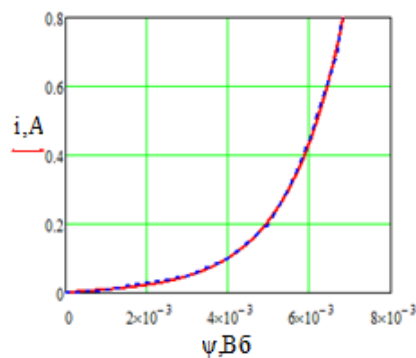


Рис. 1

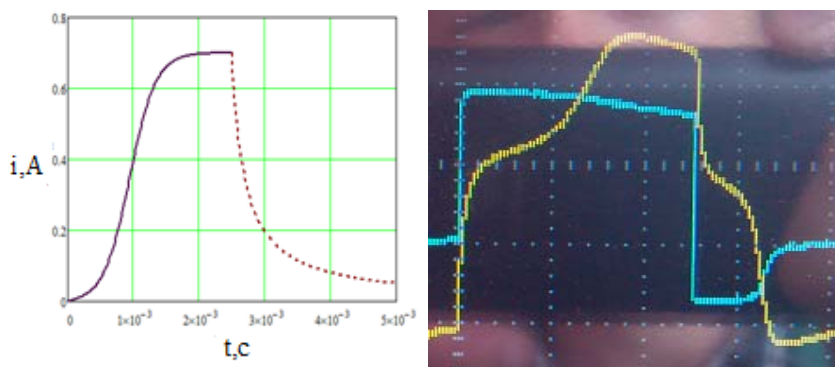


Рис. 2

Особенности переходного процесса в нелинейной цепи хорошо видны из сравнения расчетных кривых тока на рис. 3. Время переходного процесса в нелинейной цепи значительно уменьшается по сравнению с линейной, что объясняется тем, что постоянная времени цепи прямо пропорциональна индуктивности:  $\tau = \frac{L_{\text{д}}}{R}$ , которая в нелинейной катушке уменьшается с возрастанием тока.

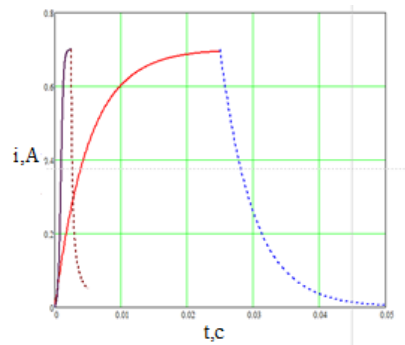


Рис. 3

В сложной схеме формирование уравнений состояния включает этапы формирования полной системы уравнений по законам Кирхгофа и разрешения полученной системы относительно переменных состояния путем исключения ненужных токов и напряжений, и представляет достаточно сложную задачу. Существует методика составления уравнений состояния на основе принципа наложения, которая основана на разделении исходной цепи на две подсхемы: первая включает в себя элементы, запаасающие энергию, а также нелинейные резистивные элементы и источники питания; вторая охватывает линейные резистивные элементы. Пример такого представления исходной цепи приведен на рис. 4, а, где пассивный многополюсник соответствует второй подсхеме.

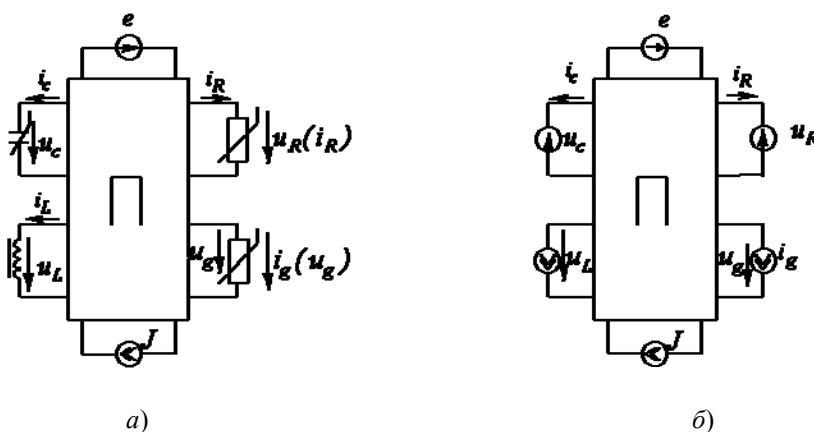


Рис. 4

Следующий этап рассматриваемой методики заключается в замене на основании теоремы о компенсации всех конденсаторов, а также нелинейных резистивных элементов с характеристикой типа  $u(i)$  источниками напряжения, катушек индуктив-

ности и нелинейных резистивных элементов с характеристикой типа  $i(u)$  – источниками тока. В результате исходная цепь трансформируется в резистивную, в которой, помимо заданных (независимых) источников, действуют управляемые источники. На третьем этапе с использованием метода наложения определяются выражения входных токов и напряжений пассивного многополюсника  $\Pi$  через напряжения и токи всех присоединенных к нему источников. На основании изложенной методики были сформированы уравнения состояния и выполнены расчеты переходного процесса, представленные на рис. 5.

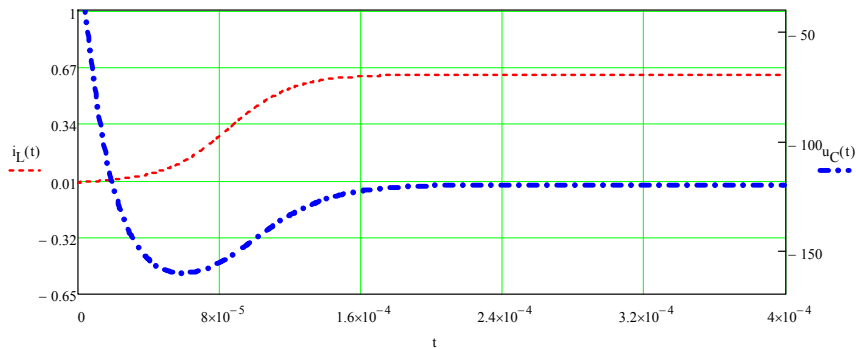


Рис. 5

## Литература

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи / Л. А. Бессонов. – М.: Высш. шк., 1996.

**СПОСОБ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ  
ОСТАТКОВ (ПЕЧНОЕ ТОПЛИВО) В ТОВАРНОЕ ТОПЛИВО  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРУКТУР МАТРИЦ РАЗБОРКИ СЫРЬЯ,  
СБОРКИ ТОПЛИВА И ОБЕССЕРИВАНИЯ**

**А. В. Выжанов, А. С. Егорова**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Тамбовский государственных  
технический университет», Россия*

Научный руководитель А. И. Леонтьева

Около 30 % нефтеперерабатывающих заводов работают по устаревшим технологиям и на устаревшем оборудовании, требующим высокотехнологичной модернизации. Топлива, получаемые на этих НПЗ, имеют низкое качество, а следовательно и низкую конкурентоспособность.

Глубина переработки нефтяного сырья очень низкая, а следовательно и выход по целевому продукту тоже мал. В связи с этим нефтеперерабатывающие предприятия сталкиваются с проблемой реализации остаточных продуктов нефтепереработки, которые практически нигде не используются в том виде, в котором получаются. Данные предприятия не могут позволить себе глубокую модернизацию, используемую на ведущих НПЗ из-за высоких капитальных и эксплуатационных затрат.

Решением данной проблемы является внедрение новых способов вторичной переработки тяжелых нефтяных остатков в товарное топливо на существующем оборудовании, с минимальными затратами на реконструкцию.

Переработка нефтяных фракций с температурой кипения от 250 до 400 °С по схемам, используемым в промышленности, осуществляется реализацией двух термokatалитических процессов: гидроочистка и каталитический крекинг.

Использование такой технологии позволяет обеспечить выход бензиновых и дизельных фракций не более 70 % при обеспечении нормативных требований на содержание серы. Используемая технология характеризуется большими энергозатратами и использованием дорогого высокотехнологического оборудования.

Предлагается газойлевою фракцию (печное топливо), формирующуюся при первичной переработки нефти, подвергать термokatалитическому воздействию с введением структур матриц разборки печного и сборки дизельного топлива и обессеривания с последующей отгонкой товарного продукта.

Реализация данного способа позволит обеспечить выход товарного дизельного топлива 91 % с содержанием серы согласно техническому регламенту.

Реализация предлагаемого способа возможна с использованием аппарата, обеспечивающего смешение нефтяных фракций с матричной структурой, и установки по отгону газовой фазы. Процесс реализуется в результате однократного испарения этой фракции, что обеспечивает минимальные затраты по данной технологии, которая обладает целым рядом преимуществ по сравнению с известными методами (табл. 1):

- простое аппаратное оформление;
- отсутствие дорогостоящего оборудования;
- низкие энергозатраты;
- низкие эксплуатационные затраты;
- высокий выход и качество получаемых топлив;
- соответствие качественных показателей стандартам Евро–5 и Евро–6;
- возможность использования данной технологии на существующем оборудовании НПЗ, с минимальными затратами на реконструкцию.

Таблица 1

#### Сравнение аппаратного оформления существующей технологии и предлагаемого способа

Оборудование существующей технологии	Цена, млн долл.	Оборудование предлагаемого способа	Цена, млн долл.
Установка гидроочистки	23,4	Аппарат, обеспечивающий перемешивание	0,9
Установка каталитического крекинга	30,1	Газофракционирующая установка	5,9
Газофракционирующая установка	5,9		
<i>Итого</i>	59,4	<i>Итого</i>	6,8

Использование представленной технологии экономически выгодней на 86 %.

Для обеспечения процесса термokatалитического преобразования печного топлива и обессеривания полученного дизельного топлива необходимо:

1. Получить пепельные структуры рабочих сред, используемых для создания конфигураций матриц для термokatалитического разделения печного топлива и обессеривания дизельного. Пепельные структуры создаются путем сжигания рабочих сред в муфельной печи при температуре 600 °С.

2. Определить элементный состав пепельных структур рентгенофлуоресцентным анализом.

В ходе анализа было установлено наличие в пепельных структурах следующих элементов: Ni, Co, Cu, Fe, C, W и S [1].

3. Получить матрицы сборки дизельного топлива, разборки печного и обессеривания [2].

Матрицы сборки дизельного и разборки печного топлива были созданы путем прокаливании пепельных структур рабочих сред с нанометаллами и катализатором широкого элементного состава в муфельной печи. Матрицу обессеривания получали прокалкой пепла химически чистой серы с неметаллами в наноструктурированной форме и катализатором широкого элементного состава.

4. Провести процесс термokatалитического разделения печного и обессеривания дизельного топлива [1].

Для проведения процессов в исходное печное топливо вводили матрицы и настаивали среду разгонки в течение суток и проводили процесс термokatалитического разделения и обессеривания при температуре 250–350 °С.

Влияние матричной структуры на выход дизельных фракций представлено в табл. 2.

Таблица 2

#### Влияние матричной структуры на выход дизельных фракций

Порядок разделения	Метод проведения	Выход дизельных фракций, %
1	Печное топливо (без воздействия)	62,8
2	Печное топливо с матричной структурой	91,8

Таблица 3

#### Влияние структур матриц на процесс обессеривания

Обессеривание	Количество серы (ppm)
Дизельное топливо без воздействия	1470
Дизельное топливо после введение матрицы обессеривания	103

Использование матриц увеличило выход дизельных фракций на 28 % и снизило содержание серы в 7 раз.

В ходе проведенных экспериментальных исследований были разработаны параметры формирования активных каталитических систем (матриц), инициирующие процессы деструкции высокомолекулярных углеводородов гибридного строения и синтеза из полученных соединений парафинов изостроения, нафтенов и ароматических углеводородов, а также осуществлен процесс гидратации серо- и азотсодержащих углеводородов при температуре от 200 °С при атмосферном давлении. Оценена перспективность использования матричных систем при разгонке широкой



газойлевой фракции, обеспечивающая получение смеси жидких углеводородов, соответствующих по нормативным показателям ГОСТ (ГОСТ Р 52368–2005 для умеренного климата сорта С).

Данная технология прошла промышленную апробацию и может быть внедрена на любое нефтеперерабатывающее предприятие, не имеющее соответствующих мощностей на вторичную переработку тяжелых нефтяных остатков. Экономическая эффективность использования структур матриц представлена в табл. 4.

Таблица 4

#### Экономическая эффективность использования структур матриц

Наименование товара	Стоимость, р. за тонну	
	затраты	выручка
Высоко сернистое дизельное топливо	12000–14000	–
Энергозатраты 100 кВт	750–800	–
Нанокатализаторы	200–300	–
Дизельное топливо (Евро 4-5)	–	29000–32000
Фактическая прибыль	<b>16050–16900</b>	

Экономический анализ целесообразности внедрения данной технологии представлен в табл. 5.

Таблица 5

#### Экономический анализ целесообразности внедрения данного способа

Наименование материала	Стоимость, р. на тонну продукта	
	гидроочистка	предложенная технология
<b>Сырье</b>		
Водород	270	–
Наноструктурированные катализаторы	–	300
Катализаторы	80	–
<b>Энергозатраты</b>		
Электроэнергия	1126	500
Теплоэнергия	735	250
<b>Вспомогательные затраты</b>		
Вода оборотная	149	–
Воздух КИП	115	37
<b>Итого</b>	<b>2475</b>	<b>1087</b>

Данная технология экономически эффективней по сравнению с технологией, используемой на большинстве нефтеперерабатывающих заводов на 56 %.

## Литература

1. Выжанов, А. В. Элементы в наноструктурированной форме – основа создания матриц для обессеривания топлив на примере дизельного топлива / А. В. Выжанов, А. С. Егорова // В мире науч. открытий. – 2014. – № 4. – С. 301–310.
2. Выжанов, А. В. Способ термокаталитического получения дизельного топлива из печного топлива с использованием структур матриц нанометаллов / А. В. Выжанов // Наноматериалы и нанотехнологии: проблемы и перспективы : сб. материалов II Междунар. заоч. науч. конф. для молодых ученых, студентов и школьников / ФГБОУ ВПО «СГТУ им. Гагарина». – Саратов, 2013. – С. 205–212.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА****Т. С. Ларькина, К. И. Пархоменко***Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«Белорусско-Российский университет», г. Могилев, Беларусь*

Научный руководитель Г. С. Ленеvский

В современном мире среди существующих различных методов и видов электрического нагрева видное место занимает индукционный метод нагрева. Он имеет ряд преимуществ в сравнении с другими применяемыми методами и видами нагрева.

Индукционный метод нагрева на сегодняшнее время получил прогрессивное распространение во многих сферах промышленности. Причиной столь высокой популярности индукционного метода нагрева являются именно те достоинства, которые присущи исключительно этому виду нагрева [1]. А именно: поверхностный эффект является основой метода индукционного нагрева. Он выражается в неравномерном распределении тока по сечению проводника, при котором наибольшая плотность тока наблюдается у одной из поверхностей проводника.

Особенностью индукционного ввода энергии является возможность регулирования пространственного расположения зоны протекания вихревых токов.

Применение электротермического оборудования дает возможность улучшить и интенсифицировать технологические процессы и одновременно повышать качество продукции, а также зачастую снижать материало- и энергоемкость.

Более подробно рассмотрим применение энергоэффективных индукционных технологий нагрева на объектах автосервисной сферы.

Опираясь на свойства индукционного нагрева, его можно применить везде, где есть множество фланцевых соединений, крепление болтами, множественные затяжки гайками, там всегда есть проблемы с монтажом или демонтажом этих элементов. В таких ситуациях можно применить технологии индукционного нагрева для ржавых, корродированных, прикипевших, перетянутых болтовых соединений.

В данном случае индукционный нагрев позволит ускорить рабочий процесс, сделать его эффективнее, сократить время производства работ, обезопасить персонал, экономически выгоднее подойти к решению задачи – в этом и есть предназначение в использовании индукционного нагревателя металла.

Вторым направлением применения устройств с технологиями индукционного нагрева в рассматриваемой сфере является использование его для упрощения достижения следующих целей: легкость снятия виниловых наклеек и молдингов, растонирование стекла, отрихтовывание вмятины без покраски кузова авто, а также облегчение снятия клеенных лобового и заднего стекол автомобиля. Также стоит отметить экологичность и безопасность для здоровья человека устройств с технологиями индукционного нагрева.

Технически подобного рода устройства могут состоять из следующих элементов:

- электронный блок управления;
- набор индукционных спиралей;
- комплект насадок-спиралей в зависимости от функционала устройства.

Схематично подобного рода устройства с технологиями индукционного нагрева будут выглядеть, как проиллюстрировано на рис. 1.

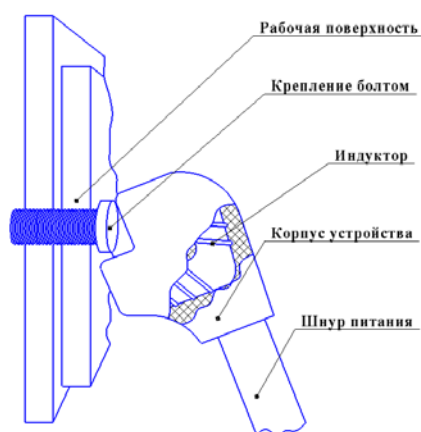


Рис. 1. Схематичное изображение устройства с технологиями индукционного нагрева

Еще одним перспективным направлением применения метода индукционного нагрева в автомобильной тематике является задействование этих технологий для разогрева дизельного топлива. Дизельное топливо начинает застывать примерно при  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  [2]. Это особенно острый вопрос, исходя из климатических характеристик наших широт, и проблем, возникающих в связи с этим.

По своей сути система подобна автономной предпусковой отопительной системе.

При проектировании подобного рода систем необходимо особое внимание уделить гидродинамическим условиям развития процесса, а также вопросу равномерного нагрева прогреваемой жидкости (в данном случае дизельного топлива).

По природе возникновения различают два вида движения – свободное и вынужденное. Свободным называется движение, происходящее вследствие разности плотностей нагретых и холодных частиц жидкости в гравитационном поле. Возникновение и интенсивность свободного движения определяются тепловыми условиями процесса и зависят от рода жидкости, разности температур, напряженности гравитационного поля и объема пространства, в котором протекает процесс. Свободное движение называется также естественной конвекцией. Вынужденным называется движение, возникающее под действием посторонних возбудителей, например насоса, вентилятора и пр. В общем случае наряду с вынужденным движением одновременно может развиваться и свободное. Относительное влияние последнего тем больше, чем больше разность температур в отдельных точках жидкости и чем меньше скорость вынужденного движения [3].

Процессы теплоотдачи неразрывно связаны с условиями движения жидкости. Как известно, имеются два основных режима течения: ламинарный и турбулентный. При ламинарном режиме течение имеет спокойный, струйчатый характер. При турбулентном – движение неупорядоченное, вихревое.

Для процессов теплоотдачи режим движения рабочей жидкости имеет очень большое значение, так как им определяется механизм переноса теплоты. При ламинарном режиме перенос теплоты в направлении нормали к стенке в основном осуществляется путем теплопроводности. При турбулентном режиме такой способ переноса теплоты сохраняется лишь в вязком подслое, а внутри турбулентного ядра перенос осуществляется путем интенсивного перемешивания частиц жидкости [3].

Затрагивая вопрос неравномерности распределения теплового потока по всему объему, следует обратить внимание, что основная сложность при работе с телами, обладающими высокой вязкостью, связана с тем, чтобы провести тепло в середину нагреваемого тела.

Для решения выявленных проблем предлагается провести мероприятия с целью повышения эффективности нагрева. Можно применить несколько способов:

– реализация барботирования путем установления сеточки на входе топливопровода. Гидродинамические условия развития процесса следующие: при продольном течении жидкости вдоль плоской поверхности происходит образование динамического пограничного слоя, в пределах которого вследствие сил вязкого трения скорость изменяется от значения скорости невозмущенного потока  $\omega_0$  на внешней границе слоя до нуля на самой поверхности топливопровода. По мере движения потока вдоль поверхности толщина пограничного слоя постепенно возрастает; тормозящее воздействие стенки распространяется на все более далекие слои жидкости. На небольших расстояниях от передней кромки топливопровода пограничный слой весьма тонкий и течение жидкости в нем носит струйный ламинарный характер. Далее, на некотором расстоянии  $\chi_{кр}$  в пограничном слое начинают возникать вихри и течение принимает турбулентный характер. Вихри обеспечивают интенсивное перемешивание жидкости в пограничном слое, однако в непосредственной близости от поверхности они затухают и здесь сохраняется очень тонкий вязкий подслой. Таким образом, наличие сеточки и прохождение через нее жидкостного потока обеспечат большую турбулентность, а значит и более интенсивное перемешивание, тем самым увеличивая равномерность и скорость прогрева топлива;

– применение различных конструктивных вариаций (например, вариант исполнения топливопровода и/или поддона картера двигателя с впадинами, в результате чего усилится турбулентность потока);

– вариант монтажа ферромагнитного стержня по центру внутри системы, в результате чего вихревые токи Фуко усилятся вследствие появления дополнительного контура протекания, а значит, увеличится и скорость прогрева.

Стоит отметить, что полный возможный спектр применения индукторного нагревателя в автосервисной сфере весьма широк. На это, безусловно, оказывают влияние возможности индукционного нагрева: изменение глубины проникновения, регулирование силы и интенсивности нагрева, управление площадью нагрева, подконтрольный точечный разогрев любых металлических изделий и поверхностей до необходимой температуры.

#### Литература

1. Ларькина, Т. С. Исследование процесса нагрева изометрического контейнера индукционным нагревом / Т. С. Ларькина ; науч. рук. Г. С. Ленецкий // Информационные технологии, энергетика и экономика : XI междунар. науч.-техн. конф. : сб. тр., Смоленск, 17–18 апр. 2014 г. – Смоленск : ФГБОУ ВПО «НИУ МЭИ», 2014. – С. 136–139.
2. Богородицкий, Н. П. Электротехнические материалы / Н. П. Богородицкий, В. В. Пасынков, Б. М. Тареев. – Л. : Энергоатомиздат, 1985. – С. 304 : ил.
3. Михеев, М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – М. : Энергия, 1977. – С. 344 : ил.

## РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ КОМПЛЕКТНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ТИПА РТН ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ОАО «РАТОН»

А. А. Цакунов

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

Научный руководитель О. Г. Широков

Целью работы является разработка 3D-модели комплектного распределительного устройства типа РТН для предприятия ОАО «Ратон».

Разработка 3D-модели распределительного устройства является очень важным и трудоемким этапом при разработке нового оборудования в профессиональной сфере. 3D-модель позволяет получить максимально подробное представление о каждой мелочи проектируемого изделия. Это может быть использовано не только для проектирования, но и для рекламы какого-либо продукта или для презентации.

Наиболее популярной средой для создания 3D-моделей является КОМПАС. Одной из самых важных причин является то, что возможности 3D-проектирования появились в этой среде с 2000 г., таким образом она является одной из первых, предоставивших такую возможность.

При проектировании модели распределительного устройства (рис. 1) необходимо прорабатывать каждый элемент, из которого она состоит, и тогда можно получить максимально подробное представление о разрабатываемом изделии. Таким образом можно упростить монтаж, рассчитав все необходимые расстояния (чтобы можно было с отверткой или с гаечным ключом подлезть и беспрепятственно произвести монтаж или демонтаж того или иного элемента конструкции). Также данная модель позволяет наиболее целесообразно использовать имеющиеся материалы для разработки, чтобы не было «ничего лишнего» (ни пространства, ни крепежных деталей, ни каких-либо других элементов конструкции), а с другой стороны такая модель позволяет заметить то, что возможно было упущено из виду раньше. Также 3D-модель позволяет в значительной степени проработать внешний вид детали: расположить элементы конструкции симметрично и, соответственно, уменьшить ее габариты (рис. 2).



Рис. 1. Внешний вид комплектного распределительного устройства типа РТН

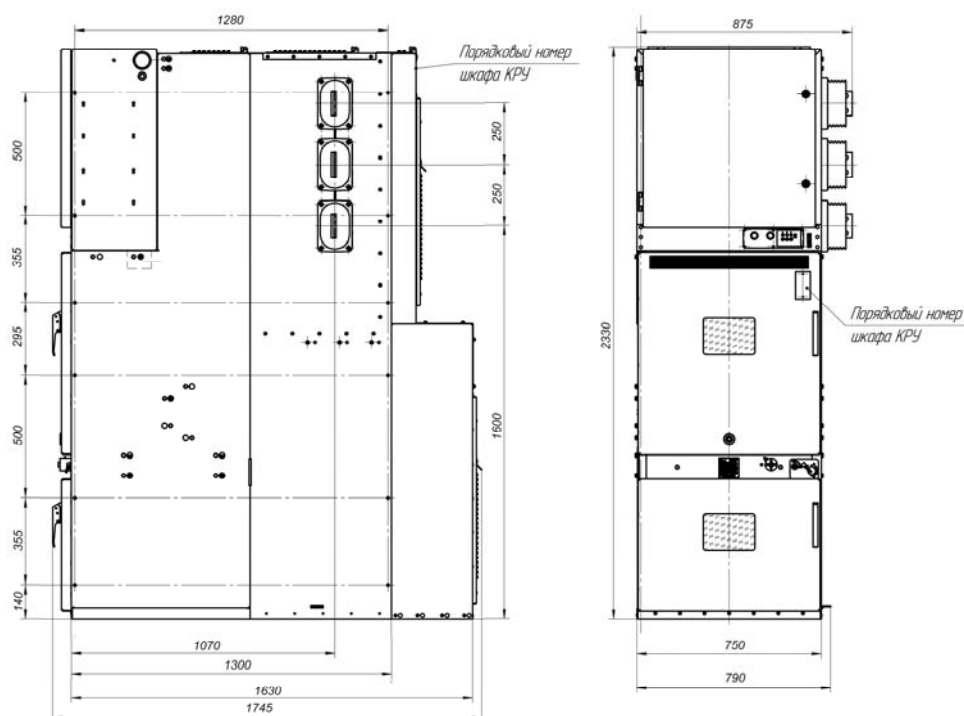


Рис. 2. Габариты шкафа РТУ двухстороннего обслуживания

Но упростить монтаж распределительного устройства позволяет не только разработка 3D-модели, но и применение современных материалов и оборудования. Например, раньше, чтобы установить какой-либо прибор в распределительном устройстве, нужно было прикручивать его болтами, что занимало много времени. Теперь же можно использовать приборы модульного типа, монтаж которых стал значительно проще (они достаточно просто крепятся к DIN-рейке). Также монтаж можно упростить и с помощью современных клемм, примером которых могут послужить цилиндрические двунаправленные клеммы, они позволяют подключать по два проводника одновременно как снизу клеммы, так и сверху.

Каркас шкафа разделен вертикальными и горизонтальными металлическими перегородками на:

- релейный отсек;
- отсек выдвижного элемента;
- отсек сборных шин;
- отсек кабельных присоединений, в котором располагаются также трансформаторы тока, напряжения и линейные шины.

Для изоляции неподвижных токоведущих контактов, а также для секционирования сборных шин в пределах одного шкафа используются эпоксидные проходные изоляторы, благодаря этому локализация происходит в пределах одного отсека шкафа.

Дуговая защита комбинирована клапаном разгрузочным, оборудованным быстродействующими концевыми выключателями с выхлопом в безопасную зону совместно с оптоволоконным (Дуга-0, Овод-МД) либо фототиристорным датчиком.

Шкафы имеют общую заземляющую шину, проходящую через всю секцию. Заземляющая шина имеет два места соединения с общим заземляющим контуром по краям секции.

Шкафы КРУ отличаются электрическими схемами главных соединений, количеством устанавливаемых трансформаторов тока, наличием или отсутствием выключателя заземления, количеством узлов крепления концевых кабельных разделок и др. Вид шкафов определяется встраиваемой аппаратурой и присоединениями:

- ввод (В);
- линия (Л);
- секционный выключатель (СВ);
- с трансформатором напряжения (ТН);
- с трансформатором собственных нужд (ТСН);
- секционный разъединитель (СР);
- с силовыми предохранителями (Пр);
- с конденсаторами (К);
- глухой ввод (Гв);
- с кабельными сборками (КС);
- с низковольтной аппаратурой (НВА);
- шинопровод (ШП);
- переходной (П);
- токоввод шинный (ТВ);
- комбинированный (например, с вакуумными выключателями и трансформаторами напряжения).

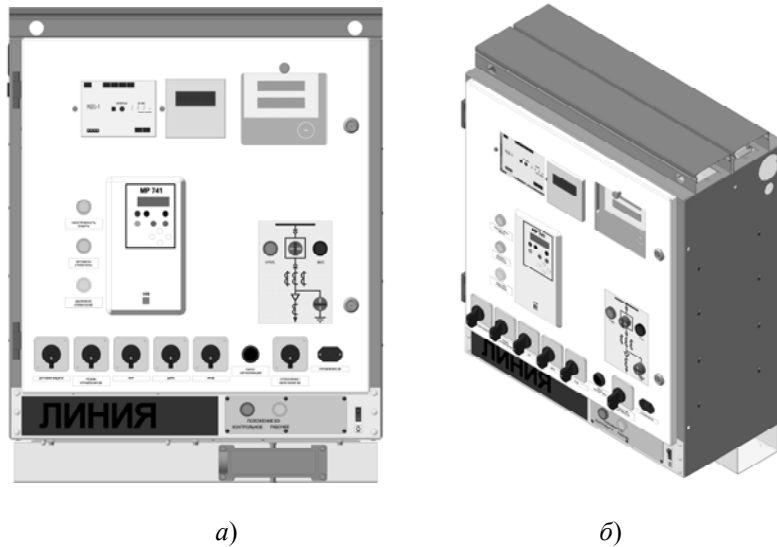


Рис. 3. Разрабатываемая 3D-модель КРУ типа РТН:  
а – вид спереди; б – дополнительный вид

С учетом всех вышеперечисленных позиций разрабатывается 3D-модель комплектного распределительного устройства типа РТН (рис. 3).

**АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»**

**Н. М. Кидун**

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

Научный руководитель О. Г. Широков

Неотъемлемой составной частью учебного процесса в высших учебных заведениях при изучении технических дисциплин являются лабораторные практикумы, задачей которых является формирование у студентов практических навыков работы с оборудованием, получения и обработки экспериментальных данных, умений планировать эксперимент, анализировать и сопоставлять полученные результаты с литературными данными. В условиях современной жизни информатизация образования – активно развивающийся процесс. Под этим термином понимают использование технологий обучения и научных исследований, основанных на применении вычислительной и информационно-коммуникационной техники, а также специального программного, информационного и методического обеспечения в учебном процессе с целью повышения его эффективности. В качестве вспомогательных образовательных ресурсов все чаще используются электронные. Среди них можно выделить компьютерные имитационные тренажеры (КИТ), виртуальные лабораторные работы (ВЛР), электронные справочные системы и др.

Одним из наиболее распространенных форм является создание электронных виртуальных лабораторных работ с использованием web-технологий.

Целью создания виртуальных лабораторных работ является предоставление широкой аудитории студентов возможности виртуального выполнения лабораторных работ по различным дисциплинам.

Актуальность данной работы заключается в том, что в последнее время резко возрастает доля интерактивного освоения материала с использованием компьютерных технологий. Интерактивные формы образования позволяют проводить дистанционное обучение по техническим специальностям, что расширяет возможности получения образования, в том числе использовать такие формы для повышения квалификации технических специалистов. Поэтому в настоящее время наблюдается резкий рост в области разработки и внедрения компьютерных обучающих систем. В этой связи наиболее актуальной является задача создания и широкого внедрения в учебный процесс автоматизированных систем обучения, а в частности виртуальных лабораторных работ (ВЛР) с возможностью диагностики качества усвоения материала студентами.

Необходимость проведения виртуальных лабораторных работ возникает прежде всего при заочном и дистанционном обучении, а также при отработке студентами пропущенных занятий, отсутствии сложного, дорогостоящего оборудования. Основная идея заключается в том, чтобы студент смог в максимально удобном режиме ознакомиться с условиями проведения лабораторных исследований, лабораторным оборудованием, техникой безопасности, с теоретической базой. В дальнейшем, после ознакомления с видеоматериалами и прохождения тестовых заданий, провести исследование на базе виртуальной установки и выполнить расчеты по результатам этих испытаний.



ВЛР предусматривают возможность заниматься как под руководством преподавателя в аудитории, так и в удобное для студента время, в удобном месте и темпе.

Заменяя традиционные лабораторные методы на виртуальные, где в качестве объекта исследования выступает смоделированная система, можно добиться некоторого упрощения лабораторных занятий, уменьшения аудиторной нагрузки, снижения нагрузки на лабораторное оборудование. При этом одновременно повышая эффективность и качество обучения за счет индивидуального подхода к заданиям, выполняемым в рамках самостоятельной работы студента и использования системы удаленного доступа, благодаря которой становится возможным проведение лабораторной работы на компьютерах. Кроме того, учебные заведения не всегда могут себе позволить приобрести дорогостоящее лабораторное оборудование. ВЛР могут, так или иначе, компенсировать отсутствие этого оборудования.

Работа не с самим объектом (явлением, процессом), а с его моделью дает возможность относительно быстро и без существенных затрат исследовать его свойства и поведение в любых ситуациях (преимущества теории). В то же время вычислительные (компьютерные, имитационные) эксперименты с моделями объектов позволяют, опираясь на современные вычислительные методы, подробно и глубоко изучать объекты в достаточной полноте, недоступной чисто теоретическим подходам (преимущества эксперимента).

Само моделирование виртуальных лабораторных работ можно условно разделить на три этапа. Первый – это выбор исследуемого объекта. Второй – разработка или выбор вычислительного алгоритма для реализации модели на компьютере. Третий этап – создание программного обеспечения для реализации модели и алгоритма на компьютере.

Преимущества лабораторных работ, смоделированных в компьютерных комплексах, заключаются в следующем:

1. Создание единого учебно-методического комплекса, включающего в себя учебную программу дисциплины, курс лекций, практические задания, базу тестовых заданий, учебные видеоматериалы (обучающие фильмы и презентации).

2. Возможность моделирования процессов, протекание которых принципиально невозможно в лабораторных условиях.

3. Формирование и совершенствование профессиональных навыков и интуиции, а также развитие творческих способностей.

4. Возможность индивидуального подхода к каждому обучаемому. Кроме того, при самостоятельном выполнении работ степень усвоения материала значительно повышается.

5. Возможность проникновения в тонкости процессов и наблюдение происходящего в другом масштабе времени, что актуально для процессов, протекающих за доли секунды или, напротив, длящихся в течение нескольких лет.

6. Пониженные требования к технике безопасности.

7. Возможность быстрого проведения серии опытов с различными значениями входных параметров, что часто необходимо для определения зависимостей выходных параметров от входных.

Несмотря на все преимущества виртуальных лабораторий, всецело заменить ими традиционную лабораторию нельзя. Следует помнить о недостатках такого способа – из-за неточного задания исходных данных и принятых упрощений существует вероятность неверных результатов. Поэтому выполнение работ на лабораторных стендах с физическими моделями должно быть неотъемлемой частью процесса обучения. Очевидно, что виртуальная лаборатория не может полностью заменить реаль-

ную физическую установку. Комплексное использование виртуальной лаборатории и физического эксперимента способствует эффективному процессу формирования практических умений и навыков при обучении специалистов.

Авторами был разработан комплекс виртуальных лабораторных работ по дисциплине «Системы производства и распределение энергоносителей промышленных предприятий».

Комплекс включает пять виртуальных лабораторных работ:

1. Параметры настройки оборудования газораспределительного пункта.
2. Исследование работы системы оборотного водоснабжения.
3. Изучение режимов работы кислородной станции.
4. Изучение режимов работы компрессорных установок.
5. Испытание насоса жидкого кислорода.

Комплекс ВЛР рассматривается как вспомогательный инструмент учебного процесса и позволяет использовать его в качестве лекционных демонстраций, без громоздкости и существенных материальных затрат, присущих демонстрационным экспериментам на физических моделях.

Программное обеспечение комплекса разработано с использованием HTML и Macromedia Flash. Программное обеспечение имеет простой, интуитивно понятный внешний вид. При запуске программы открывается окно выбора лабораторной работы, студенту предлагается выбрать одну из существующих лабораторных работ. Для каждой работы дано описание теоретической части, приведены схемы и принцип действия лабораторных установок, подробно указаны порядок выполнения и оформления отчета по работе.

Структурно каждая виртуальная лабораторная работа состоит из следующих HTML страниц:

- цели работы;
- описание физической установки;
- методические указания и порядок выполнения работы;
- база данных (варианты заданий);
- виртуальный инструмент;
- тесты для проверки знаний;
- литература, справочная информация.

При выполнении работы студент должен изучить учебно-методический материал, произвести необходимые расчеты и затем полученный результат ввести на виртуальный инструмент. После введения всех необходимых данных и результатов можно увидеть результат проведенных расчетов. Например, в работе «Исследование работы системы оборотного водоснабжения» пронаблюдать весь цикл работы системы оборотного водоснабжения и получение искомой температуры охлажденной воды. В работе «Настройка оборудования и испытание газораспределительного пункта (ГРП)» провести испытание ГРП на действующем (виртуальном) оборудовании. Изучить основные функции ГРП: снижение давления газа до требуемых величин и поддержание его при изменении давления в магистральном газопроводе или городских сетях. А также дополнительные функции ГРП: произойдет либо нет срабатывание предохранительно-запорного клапана (ПЗК) при кратковременном повышении давления газа за регулятором давления либо срабатывание предохранительно-сбросного клапана (ПСК). В работе «Изучение режимов работы кислородной станции» – работу ректификационной колонны двойной ректификации, процессы получения продуктов разделения воздуха.

Создание виртуальных лабораторных работ, а также их комплексов направлено на то, чтобы студенты могли полностью овладеть как теоретическими, так и практическими навыками. Они должны способствовать оптимизации учебного процесса, повышая творческий и интеллектуальный потенциал студента за счет самоорганизации и дисциплинированности.

## АНАЛИЗ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ МОГИЛЕВСКОЙ ТЭЦ-2

**Е. Н. Беловешкин**

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

Научный руководитель К. М. Медведев

В связи со снижением тепловой и электрической нагрузки основных потребителей МТЭЦ-2 станция вынуждена работать с неоптимальными технико-экономическими показателями, что приводит к снижению надежности и экономичности электроснабжения потребителей.

Существуют следующие основные пути повышения надежности и экономичности электроснабжения Могилевской ТЭЦ-2:

1. Снятие ограничения выдачи мощности в энергосистему.
2. Замена секционных реакторов ГРУ-10 кВ.

Рассмотрим 1-й путь.

На Могилевской ТЭЦ-2 с 1993 г. началось резкое снижение объемов отпуска тепла, как с паром, так и с горячей водой, которые уже к 1996 г. достигли 750000–800000 Гкал и 900000–1100000 Гкал соответственно, что привело к уменьшению выработки электрической энергии до уровня 700000–850000 тыс. кВт · ч в год. В 2011–2014 гг. отпуск тепла с паром достиг своего минимума и составил 536000 Гкал.

Это привело к значительному снижению нагрузки потребителей с шин генераторного напряжения на 90 МВт по отношению к проектной и к ограничению выдачи избыточной мощности в энергосистему трансформаторами связи. Данная величина в период максимальных тепловых нагрузок достигает 60 МВт. Кроме того, в существующих режимах не обеспечиваются (без значительного ограничения электрической мощности генераторов) плановые ремонтные и аварийно-восстановительные работы на трансформаторах связи.

Из-за ограничения выдачи мощности станция вынуждена работать с менее экономичным составом оборудования. Варианты работы Могилевской ТЭЦ-2 в максимум нагрузок представлены в таблице.

### Варианты работы МТЭЦ-2 в режиме максимума нагрузок

Показатель (размерность)	Состав турбин	
	1, 2, 3, 4	3, 4, 5
Мощность, МВт	205	209
Удельный расход теплоты на турбинную установку, ккал/кВт · ч	962	993
Удельный расход условного топлива на отпуск электроэнергии, г у. т. /кВт · ч	179,5	185,3

Причины возникновения режимов, при которых ограничивается электрическая нагрузка станции:

- потребляемая мощность ОАО «Могилевхимволокно» по токопроводам 10 кВ № 2 и 4 вместо проектной в размере 120 МВт составляет 30 МВт;
- вместо потребления по токопроводам 10 кВ № 1 и 3 проектных 10 МВт ОАО «Могилевхимволокно» выдает на шины ГРУ-10 кВ 1-й и 3-й секций МТЭЦ-2 от своего энерготехнологического комплекса 10 МВт.

Схема выдачи мощности в энергосистему представлена на рис. 1.

На схеме показано главное распределительное устройство ГРУ-10 кВ, генераторы, трансформаторы СН, трансформаторы связи, токопроводы ОАО «Могилевхимволокно», потребительские фидера КРУ-10 кВ и соответствующие перетоки мощности в режиме максимума нагрузок. Выдача вырабатываемой электрической мощности в энергосистему от турбогенераторов ТГ-1–ТГ-4 осуществляется через два трансформатора связи ТС-1 и ТС-2 марки ТДНГУ-63000/110.

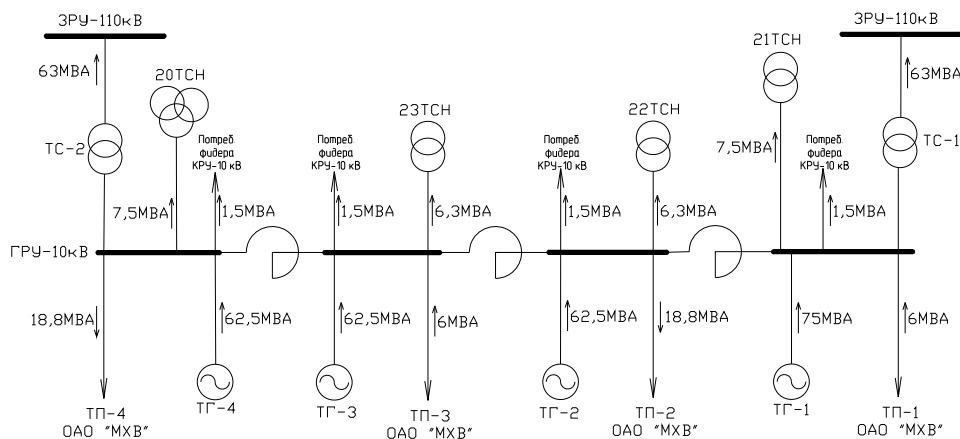


Рис. 1. Схема выдачи мощности в энергосистему

Режимы работы оборудования, при которых происходит ограничение выдачи избыточной мощности в энергосистему через трансформаторы связи ТС-1 и ТС-2:

- режим № 1 – осенне-зимний максимум нагрузок (нормальный режим), в работе генераторы ТГ-1–ТГ-4, блок ГТ-5 выведен или в ремонте;
- режим № 2 – осенне-зимний максимум нагрузок (аварийное отключение или ремонт одного из трансформатора связи ТС-1 или ТС-2), в работе генераторы ТГ-1–ТГ-4, блок ГТ-5 выведен или в ремонте.

Расчет режима № 1:

- суммарная вырабатываемая мощность  $P_{\text{выр}}$ , МВт, турбоагрегатов ТГ-1–ТГ-4:

$$P_{\text{выр}} = P_{\text{ТГ-1}} + P_{\text{ТГ-1}} + P_{\text{ТГ-1}} + P_{\text{ТГ-1}} = 60 + 50 + 50 + 50 = 210 \text{ МВт};$$

- максимальная мощность  $P_{\text{выд}}$ , МВт, которую можно выдавать в энергосистему:

$$P_{\text{выд}} = (P_{\text{выр}} + P_{\text{пр}}) - (P_{\text{сн}} + P_{\text{пот}}) = (210 + 7) - (21 + 35) = 161 \text{ МВт};$$

– суммарная активная мощность трансформаторов связи ТС-1, ТС-2т:

$$P_{\text{ТС}} = S \cdot \cos \varphi \cdot n = 63 \cdot 0,8 \cdot 2 = 110,8 \text{ МВт};$$

– избыточная мощность  $P_{\text{из}}$ , МВт, которая не может быть выдана в энергосистему:

$$P_{\text{из}} = P_{\text{выд}} - P_{\text{ТС}} = 161 + 100,8 = 60,2 \text{ МВт};$$

– недовыработка электрической энергии за период с декабря по февраль составит:

$$\mathcal{E}_{\text{нед}} = t_{\text{из}} \cdot P_{\text{из}} = 2160 \cdot 60,2 = 130032 \text{ МВт} \cdot \text{ч},$$

что эквивалентно перерасходу топлива на замещающей станции

$$B = \mathcal{E}_{\text{нед}} (b_3^3 - b_3^{\text{МТЭЦ-2}}) = 130032 \cdot (320 - 193,6) \cdot 10^{-3} = 17528,3 \text{ т у. т.},$$

где  $b_3^3$  – удельный расход топлива на замещающей ТЭС, т у. т./кВт · ч;  $b_3^{\text{МТЭЦ-2}}$  – удельный расход топлива на Могилевской ТЭЦ-2, т у. т./кВт · ч.

В существующих условиях решением данной проблемы является увеличение мощности трансформаторов связи за счет установки дополнительного трансформатора связи 10/110 кВ с включением его по стороне низкого напряжения на 2-ю либо 3-ю секцию ГРУ-10 кВ, либо замена трансформаторов связи на более мощные.

Экономия условного топлива в случае замены трансформаторов связи:

$$\Delta B = (b_1 - b_2) \cdot \mathcal{E}_{\Sigma} = (185,3 - 179,5) \cdot 348 = 2081,4 \text{ т у. т.},$$

где  $\mathcal{E}_{\Sigma}$  – суммарная выработка электроэнергии за три месяца, 348 млн кВт · ч;  $b_1$  – удельный расход условного топлива при работе ТГ-3–ТГ-5, г у. т.;  $b_2$  – удельный расход условного топлива при работе ТГ-1–ТГ-4, г у. т.

Годовая экономия в денежном эквиваленте  $\Delta B$ , млн р.:

$$\Delta И = \Delta B \cdot Ц \cdot 10^{-6} = 2081,4 \cdot 2565 \cdot 10^{-6} = 5338,8 \text{ млн р.}$$

где Ц – цена 1 т у. т., 2565 тыс. р.

Рассмотрим 2-й путь – замену реакторов ГРУ-10 кВ.

Секционные реакторы расположены между 1-й и 2-й, 2-й и 3-й, 3-й и 4-й секциями ГРУ-10 кВ (рис. 1). В связи со значительным снижением нагрузки потребителей с шин генераторного напряжения переток мощности осуществляется через секционные реакторы и трансформаторы связи в энергосистему. Из-за этого секционные реакторы зачастую оказываются перегруженными и их шунтируют, объединяя секции шин генераторного напряжения, что снижает надежность работы МТЭЦ-2 и ее потребителей. Перегрузка реакторов может привести к выходу их из строя и отключению потребителей. Объединение секций шин приводит к тому, что при ближнем коротком замыкании напряжение на всех секциях ГРУ-10 кВ падает до нуля, что усугубляет самозапуск двигателей СН МТЭЦ-2 и потребителей. Кроме этого из-за сквозных токов короткого замыкания могут ложно срабатывать устройства РЗА.

На МТЭЦ-2 установлены реакторы РБГ-10-2500-14%, рассчитанные на ток 2500 А. Номинальный переток мощности через реактор:

$$S_p = I_p \cdot U_n = 2500 \cdot 10,5 = 26250 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Рассмотрим расчет режима для секционного реактора 1–2 (осенне-зимний максимум нагрузок, в работе ТГ-1–ТГ-4, блок ГТ-5 выведен или в ремонте).

Максимальная полная мощность генератора ТГ-2:

$$S_{\text{ТГ-2}} = P_p / \cos \varphi = 50 / 0,8 = 62,5 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Суммарная максимальная нагрузка  $S_n$ , 2 секции ГРУ-10 кВ:

$$S_n = S_{\text{сн}} + S_{\text{гру}} + S_{\text{мхв}} = 6,3 + 1,5 + 18,8 = 26,6 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Максимальный переток мощности  $S_{\text{макс}}$  через секционный реактор 1–2:

$$S_{\text{макс}} = S_{\text{ТГ-2}} - S_n = 62,5 - 26,6 = 35,9 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Нагрузка на секционный реактор 1–2 при этом составит 137 %, а в режиме аварийного отключения трансформатора связи ТС-1 реактор нагружается на 236 %.

Расчеты произведены для упрощенного режима, когда перетоки мощности через секционные реакторы и трансформаторы связи симметричны.

В существующих условиях решением данной проблемы является замена секционных реакторов ГРУ-10 кВ на более мощные.

Перечень планируемых к улучшению технико-экономических показателей от мероприятий по замене трансформаторов связи и реакторов: выбор оптимального состава работающего оборудования; снижение удельных расходов условного топлива; обеспечение надежного электроснабжения потребителей; увеличение выработки электроэнергии.

Экономический эффект от мероприятий обусловлен повышением экономичности работы оборудования при составе работающих турбин 1–4 по отношению к режиму с включением менее экономичного состава турбин 3–5, а также повышением надежности электроснабжения потребителей и оборудования собственных нужд.

## ПРОЕКТ РАЗВИТИЯ ПЕТРИКОВСКОГО ЭНЕРГОУЗЛА

**Е. Н. Куртикова**

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

Научный руководитель О. М. Головач

Петриковское месторождение калийных солей является наиболее значимой сырьевой базой для поддержания и увеличения производственной мощности ОАО «Беларуськалий». Месторождение калийных солей расположено в Петриковском и частично в Мозырском районах Гомельской области.

Полезным ископаемым являются калийные соли. Запасы Петриковского месторождения составляют около 2200 млн т [1].

Первый этап проекта по промышленной разработке Петриковского месторождения намечено завершить в 2019 г., а полностью реализовать проект в 2021 г. После ввода в эксплуатацию мощность горно-обогатительного комплекса (ГОК) составит не менее 1,5 млн т хлорида калия в год с перспективой увеличения до 3 млн т [2].

Расчетный срок службы Петриковского ГОК с учетом имеющихся запасов, заданной проектной мощности и оптимизации работы каждого промышленного горизонта составляет около 90 лет [3].

Целью данной работы является разработка схемы электроснабжения нового производства от существующих электрических сетей.

Промышленная площадка нового производства в соответствии с техническими условиями энергосистемы на присоединение должна получать питание от подстанции «глубокого ввода», далее именуемой ГПП ГОК. Предложены варианты схем внешнего электроснабжения ГОК, в которой связь с энергосистемой осуществляется на напряжениях 330 и 110 кВ. При технико-экономическом сравнении вариантов схем в качестве наиболее целесообразного определен вариант, предусматривающий сооружение ПС 330/110/10 кВ «Петриков-330», которая будет использоваться в качестве источника электроснабжения ГОК. План-схема электрической сети лучшего варианта представлена на рис. 1.

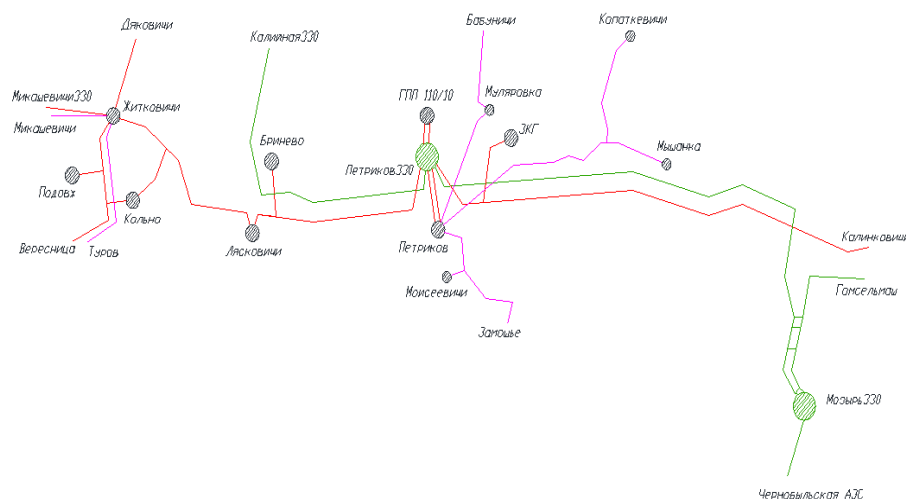


Рис. 1. План-схема электрической сети лучшего варианта

Связь ПС 330/110/10 «Петриков-330» с энергосистемой предлагается осуществить по ВЛЭП-330 кВ «Мозырь 330 – Калинная» и по ВЛЭП-110 кВ «Калинковичи-Житковичи» с заходом линий на подстанцию.

Для принятого варианта разработана главная схема электрических соединений ПС 330/110/10 кВ «Петриков-330» с ОРУ 330 кВ, выполненным по схеме № 330-7 [4] «Четырехугольник», с ОРУ 110 кВ, выполненным по схеме № 110-13 [4] «Две рабочие и обходная системы шин» и двумя автотрансформаторами. Обоснованы мощности силовых автотрансформаторов и трансформаторов собственных нужд. ГПП ГОК предлагается подключить по радиальным ВЛЭП 110 кВ протяженностью 4 км к ОРУ 110 кВ ПС 330/110/10 кВ «Петриков-330». Для реализации схемы потребуются значительное электросетевое строительство.

Для Петриковского энергоузла, включающего объект проектирования, сформирована расчетная модель. Выполнены расчеты нормальных, ремонтных и послеава-

рийных режимов работы сети, определены значения потоков мощности и уровни напряжений. В результате анализа режимов установлено, что схема принятого варианта является работоспособной во всех эксплуатационных режимах электрической сети. Кроме того, ввод новой узловой подстанции сокращает расстояния между узловыми подстанциями энергосистемы и повышает надежность работы электрических сетей энергоузла. Существенно повышается надежность электроснабжения г. Петрикова и потребителей Петриковского района, появляется возможность перспективы развития региона при строительстве новых предприятий, а также возможность использования ПС 330/110/10 кВ «Петриков-330» в схеме выдачи мощности будущей Лельчицкой КЭС.

#### Литература

1. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. – Режим доступа: [www.minpriroda.by](http://www.minpriroda.by). – Дата доступа: 15.03.2015.
2. О разработке Петриковского месторождения калийных солей : Указ Президента Респ. Беларусь от 17 янв. 2012 г. № 37. – Режим доступа: <http://www.levonevski.net/pravo/norm2013/num06/d06138.html>. – Дата доступа: 16.03.2015.
3. Петриковское месторождение. – Режим доступа: <http://kali.by/news/483/>. – Дата доступа: 16.03.2015.
4. Нормы технологического проектирования электрической части подстанций переменного тока напряжением 35–750 кВ : СТП 09110.01.2.104-07. – Разраб. НИиПИ РУП «Белэнерго-сетьпроект».

### **РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ РАСЧЕТЕ РАЗОМКНУТЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ**

**И. Ю. Чака**

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

Научный руководитель А. Г. Ус

Комплексный расчет позволяет на основе конкретных конфигурационной и информационной моделей об электрической сети получить максимум полезной информации о сети и распределении электрической энергии по ней. Широкий круг задач, решаемых на основе полученной информации можно классифицировать на задачи эксплуатационного характера, решаемые в процессе эксплуатации на базе существующих электрических сетей, и задачи, решаемые при проектировании новых электрических сетей до 1 кВ.

При проектировании электрических сетей: расчет электрических нагрузок и токораспределения в электрической сети; выбор по допустимому нагреву сечения проводов и кабелей (силовые сети); выбор сечения проводников по допустимой потере напряжения (осветительные сети – минимум затрат на проводниковый материал), проверка каналов передачи электроэнергии по допустимой потере напряжения; расчет однофазных, двухфазных, трехфазных металлических и дуговых токов короткого замыкания; выбор защитных аппаратов электрической сети; согласование выбранного сечения проводника с защитным аппаратом; определение чувствительности защитного аппарата; определение потерь мощности и энергии в электрической сети и ее отдельных элементах; распределение реактивной мощности компенсирующих установок в электрических сетях.

При эксплуатации электрических сетей: определение и контроль нагрузки на каждом участке электрической сети; управление компенсацией реактивной мощно-



сти, т. е. определение экономически целесообразных величин реактивной мощности компенсирующих устройств и корректировка данных величин в процессе эксплуатации; управление напряжением на шинах трансформаторной подстанции (определение рациональной величины напряжения на шинах трансформаторной подстанции – для этого выполняется расчет потерь мощности, энергии, напряжения во всех элементах электрической сети, включая электрприемники); расчет токов короткого замыкания в узлах электрической сети и контроль их значений, чтобы обеспечить термическую стойкость оборудования и успешность срабатывания защитных аппаратов.

В рамках комплексного расчета определение токов короткого замыкания в сетях напряжением до 1 кВ выполняется для выбора коммутационной аппаратуры, шинопроводов, кабелей и другого электрооборудования с целью проверки их по условиям термической и динамической стойкости, а также для выбора уставок устройств релейной защиты и проверки их чувствительности. Кроме того, короткие замыкания в сетях данного класса напряжения являются одними из наиболее опасных аварийных режимов, так как являются первопричиной пожаров в электроустановках и кабельном хозяйстве. Следовательно, значения токов короткого замыкания необходимы при проектировании новых и реконструкции существующих сетей электропитания.

На сегодняшний день для расчета токов короткого замыкания в сетях напряжением до 1 кВ применяются следующие компьютерные программы: «Beroes KZ», «Аврал», «TKZdo1kV», «OKЗ», «kz1000», «LineNet 0,4-10».

Изучив данные программы, можно сказать, что расчеты, выполняемые в них, соответствуют стандарту ГПО «Белэнерго» «Методические указания по расчету токов короткого замыкания в сети напряжением до 1 кВ электростанций и подстанций с учетом влияния электрической дуги» и положениям ГОСТ 28249–93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ», ГОСТ 30323–95 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания». Поэтому после получения соответствующего разрешения от правообладателя конкретной программы она может применяться в организациях на территории Республики Беларусь. Методика расчета токов короткого замыкания в версиях данных программ на 2015 г. содержит все необходимые дополнения, которые отсутствовали в ранних версиях: учет уменьшения тока КЗ вследствие нагрева проводников рабочим током нормального режима и током КЗ; учет синхронных и асинхронных электродвигателей; учет комплексной нагрузки; учет влияния дуги путем введения переходного сопротивления дуги в схему замещения. В расчетах, выполняемых вышеназванными программами, существуют следующие допущения: внешняя сеть по отношению к месту КЗ упрощается, и индивидуально учитываются только автономные источники электроэнергии и электродвигатели, непосредственно примыкающие к месту КЗ; не учитывается ток намагничивания трансформаторов; не учитывается насыщение магнитных систем электрических машин; принимаются коэффициенты трансформации трансформаторов равными отношению средних номинальных напряжений тех ступеней, которые связывают трансформаторы, при этом используется следующая шкала средних номинальных напряжений: 37; 24; 20; 15,75; 13,8; 10,5; 6,3; 3,15; 0,69; 0,525; 0,4; 0,23 кВ; не учитывается влияние асинхронных двигателей, если их суммарный номинальный ток не превышает 1,0 % начального значения периодической составляющей тока в месте КЗ, рассчитанного без учета асинхронных двигателей. Вышеназванные допущения при расчете токов короткого замыкания для практических целей являются приемлемыми, так как они искажают результаты расчета незначительно: около 1 %. В то же время погрешность задания

исходных данных составляет около 5 %, что объясняется невозможностью более точно оценить параметры электрооборудования, меняющиеся на протяжении всего срока эксплуатации. Кроме того, даже новое электрооборудование имеет допустимый разброс характеристик, хотя в исходных данных задается среднее значение параметра. Следовательно, методика определения токов короткого замыкания в компьютерных программах не требует совершенствования, так как она имеет значительно меньшую погрешность по сравнению с погрешностью исходной информации.

При выполнении расчетов в данных программах были выявлены следующие недостатки: отсутствует простое и наглядное представление расчетной схемы в памяти программы, что особенно важно при расчете сложных, разветвленных сетей, содержащих большое количество электрооборудования; отсутствует пошаговое заполнение исходных данных для формирования схемы замещения, что увеличивает вероятность ошибки при вводе информации; малый объем базы данных программы по элементам схемы замещения, что усложняет ввод информации пользователем и возникает необходимость использования дополнительной справочной литературы.

Основываясь на приведенных недостатках, можно предложить следующие направления модификации программ по расчету токов короткого замыкания, реализованные в разработанной нами программе.

Во-первых, применение метода «вторых адресных отображений» (ВАО) для представления схемы электрической сети в памяти программы. В данном методе схема электрической сети разбивается на участки. Участки выбираются таким образом, чтобы их параметры просто описывались математическими функциями или физическими величинами. Границам участков присваиваются названия. Для описания конкретного участка схемы требуется только названия его начала и конца. В памяти программы полная схема электрической сети представляется последовательным сложением отдельных участков (рис. 1).

Начало участка 1:	Конец участка 1:	Участок 1	Начало участка 2:	Конец участка 2:	Участок 2
	0		0	0	
Начало участка 5:	Конец участка 5:	Участок 5	Начало участка 6:	Конец участка 6:	Участок 6
0	0		0	0	
Начало участка 9:	Конец участка 9:	Участок 9	Начало участка 10:	Конец участка 10:	Участок 10
0	0		0	0	

Рис. 1. Фрагмент главного окна программы

Во-вторых, пошаговое заполнение исходных данных для формирования схемы замещения, что снизит вероятность ошибок при вводе информации. Изначально заполняются данные по конфигурации электрической сети (см. рис. 1), а затем данные по каждому участку сети (рис. 2). Аналогично заносятся данные по каждому конкретному элементу участка, например по трансформатору (рис. 3).

Количество контактов рубильников на участке 1, шт.:

6

Элементы участка 1:

Элемент 1   Элемент 2   Элемент 3   Элемент 4   Элемент 5   Элемент 6   Элемент 7

Рис. 2. Фрагмент окна программы «Участок 1»

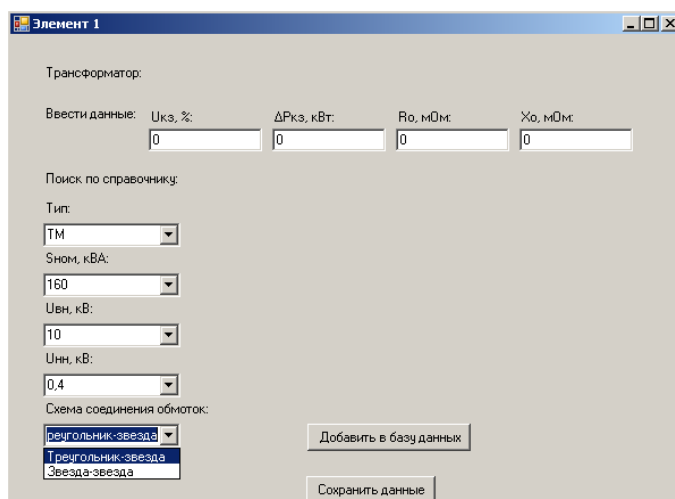


Рис. 3. Фрагмент окна программы «Элемент 1–Трансформатор»

В-третьих, большой объем базы данных программы по элементам схемы замещения с возможностью обновления встроенных справочников программы по сети интернет, что упростит ввод информации пользователем и исключит необходимость использования дополнительной литературы по электрооборудованию (см. рис. 3).

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Д. И. Дорняк

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

Научный руководитель А. В. Шаповалов

Человечество на протяжении многих лет решает одну из важнейших по значимости задач – поиск универсального неиссякаемого источника энергии. На данном этапе развития мы имеем возможность получать энергию из возобновляемых и невозобновляемых источников. К возобновляемым относятся такие виды источников, как солнечный свет (гелиоэнергетика), вода (гидроэнергетика), ветряные потоки (ветроэнергетика), приливы и геотермальное тепло (энергия ядра земли). К невозобновляемым источникам относятся традиционные с точки зрения мировой энергетики источники энергии: месторождения угля, сланцев, нефти, природного газа, ядерное топливо.

Почему человечество последние годы уделяет пристальное внимание альтернативной энергетике, создавая новые энергетические программы, внедряя современное технологическое оборудование? Существует несколько ответов на этот вопрос:

1. Традиционная энергетика, основанная на получении тепла из естественных и искусственных источников, пагубно влияет на атмосферу нашей планеты и неблагоприятно действует на человека и окружающую среду, а именно: потребление кислорода, выбросы газов, продуктов сгорания, влаги, твердых частиц, радиоактивные загрязнения, потребление воды, создание искусственных водохранилищ, сбросы загрязненных и нагретых вод, жидких отходов, выбросы токсичных веществ.

2. Традиционная энергетика использует, как правило, исчерпаемые ресурсы.

3. Коэффициенты полезного действия энергогенерирующих станций в условиях ограниченности топливных ресурсов оставляют желать лучшего. КПД атомных электростанций – не более 35 %, ТЭЦ – 50–60, КЭС – 35–42 %.

4. Тяжелые последствия аварий.

5. Большие циклы преобразования энергии: тепловая энергия – механическая – электрическая.

6. Высокие капитальные затраты на строительство, ремонт и обслуживание объекта, что сказывается на стоимости единицы отпущенной энергии.

Исходя из вышеперечисленных пунктов, необходимо сделать вывод, что альтернативные пути развития энергетики способствуют развитию экологически чистых способов получения энергии, возможности преобразования энергии для решения локальных задач в области тепло- и электропотребления в бытовых и промышленных нуждах.

Для осуществления задач теплоснабжения и горячего водоснабжения промышленных и бытовых зданий на мировом рынке гелиоэнергетики появились современные солнечные коллекторы пластинчатого и вакуумно-трубчатого типа.

Солнечные термические установки используются для получения горячей воды и обогрева помещений. Принцип их работы относительно прост. Попадающее на коллектор солнечное излучение нагревает находящуюся в коллекторе жидкость (смесь из воды и антифриза). С помощью циркуляционного насоса подогретая жидкость по замкнутой системе поступает в накопитель. Через теплообменник солнечное тепло от жидкости в коллекторе передается воде. Охлажденная жидкость снова поступает в коллектор. Узел управления выравнивает температуру в коллекторе и накопителе и следит за тем, чтобы циркуляционный насос работал только в том случае, когда коллектор теплее накопителя. Обычный отопительный котел обеспечивает при необходимости недостающее количество тепла для подогрева воды и обогрева помещения [1].

*Преимущества плоских коллекторов:* отличное соотношение цена/производительность для южных широт и теплого климата; способность очищаться от снега и инея; высокая производительность летом; меньшая начальная стоимость сравнительно вакуумных коллекторов.

*Недостатки:* высокие теплопотери; низкая работоспособность в холодное время года; сложность транспортировки; монтажа; ремонта; чувствительность к граду и ветру.

*Преимущества вакуумных коллекторов:* эксплуатационная надежность; нечувствительность к загрязнению; герметичность передачи тепла через теплообменник; возможность оптимальной ориентации вращающихся вакуумных трубок относительно солнца; благодаря чему обеспечивается максимальное использование энергии; возможность замены трубок при наполненной установке; высокоэффективная теплоизоляция соединительного корпуса; работоспособность в холодное время года до  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; длительный период работы в течение суток; удобство монтажа и транспортировки.

*Недостатки:* наледь в зимнее время года; стоимость коллекторной установки.

Произведем расчет солнечного трубного коллектора в условиях домашнего потребления ГВС в частном доме. Предположительный состав семьи – 4 человека. Примем в расчет, что на каждого человека приходится 37,5 литров горячей воды в сутки. Расчет осуществим при максимально возможном и среднемесячном уровне солнечной инсоляции для города Гомеля. Полезная разность температур – от 20 до 50°, тогда:

– теплота, необходимая для нагрева воды:

$$Q_{\text{ов}} = Gc\Delta t,$$

где  $G$  – необходимое количество воды, л/день;  $c$  – теплоемкость воды, 1 ккал/кг/К;  $\Delta t$  – полезная разность температур.

$$Q_{\text{ов}} = 37,5 \cdot 1 \cdot 35 = 5250 \text{ ккал/день} = 6,106 \text{ кВт} \cdot \text{ч/день};$$

– максимальный уровень поглощения солнечного излучения коллектором:

$$Q_{\text{макс}} = KE,$$

где  $K$  – коэффициент поглощения солнечного коллектора компании ООО «Голес» – 0,92;  $E$  – максимально возможный уровень солнечной инсоляции, кВт/м<sup>2</sup>/день.

$$Q_{\text{макс}} = 0,92 \cdot 5,18 = 4,766 \text{ кВт/м}^2/\text{день}.$$

Найдем площадь апертуры одной трубки коллектора:

$$П = 1,8 \cdot 0,058 = 0,104 \text{ м}^2,$$

где 1,8 – длина трубки коллектора; 0,058 – диаметр трубки.

Выработка тепла одной трубкой:

$$Q_{\text{трубки}} = Q_{\text{макс}}/П = 0,498 \text{ кВт/м}^2/\text{день}.$$

Необходимое количество трубок:

$$N = Q_{\text{ов}}/Q_{\text{трубки}} = 6,106/0,498 = 12,273 = 13 \text{ шт.}$$

Таким же образом просчитаем количество коллекторов при различной разнице полезных температур в зависимости от интенсивности солнечного излучения, результаты изобразим в графическом виде (рис. 1).

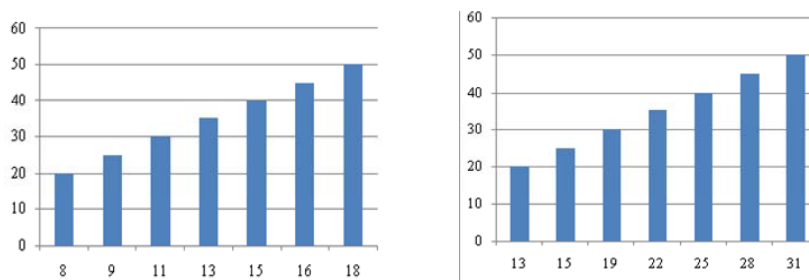


Рис. 1. Зависимость полезной разности температур от количества трубок при среднемесечном и максимально возможном уровне инсоляции.

Таким образом, при выборе числа коллекторов необходимо учитывать фактор экономической целесообразности и вероятного перегрева коллекторной установки при завышенном количестве трубок. Следовательно, из полученных результатов выбираем оборудование конечной стоимостью 1380 у. е.

Экономический эффект установки, в сравнении с газовым отопительным оборудованием:

$$\mathcal{E}_{\text{газ}} = 325,287 \cdot 2281,8 = 742239,877 \text{ р./год.}$$

Статический срок окупаемости с учетом приобретения газового проточного водонагревателя, лет:

$$C_{\text{газ1}} = \frac{1380 \cdot 15000}{742239,877 + 3000000} = 5,5 \text{ лет.}$$

Статический срок окупаемости без учета приобретения газового проточного водонагревателя, лет:

$$C_{\text{газ2}} = \frac{1380 \cdot 15000}{742239,877} = 27,8 \text{ лет,}$$

где 2281,8 – тариф с 01.03.2015 г. на газ для граждан, проживающих в жилых домах (квартирах), оснащенных индивидуальными газовыми отопительными приборами и приборами индивидуального учета расхода газа, р./м<sup>3</sup>; 3000000 – усредненная стоимость проточного газового водонагревателя, р., 325,287 – расход природного газа, м<sup>3</sup>/год.

Аналогично посчитаем сроки окупаемости коллекторов в сравнении с электрическим бойлером и отпущенной теплотой населению: статический срок окупаемости с учетом приобретения электрического бойлера составил 2,3 года, без учета бойлера – 5,5 лет, отпущенная теплота – 21,8 года.

Получив окончательные расчеты можно сделать вывод, что на данном этапе развития солнечных коллекторов стоимость гелиоустановки и дополнительного оборудования относительно высоко. Статический срок окупаемости коллектора в сравнении с традиционными установками, работающими на природном газе, крайне высок. Таким образом, чтобы получить энергию для нагрева воды в течение года, достаточно затратить 742,239 тыс. бел. р., при использовании энергии сжигания газа и 3252,463 тыс. бел. р., используя электроэнергию. Однако существующая тенденция роста тарифов на тепловую и электрическую энергию и ежегодное снижение цен на солнечные коллекторы и фотогальванические элементы приведет к широкому применению коллекторов в недалеком будущем.

#### Литература

1. Кундас, С. П. Возобновляемые источники энергии / С. П. Кундас, С. С. Позняк, Л. В. Шенец ; МГЭУ им. А. Д. Сахарова. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2009. – 315 с.

## СОВМЕСТНАЯ РАБОТА ГОМЕЛЬСКОЙ ТЭЦ-2 И АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

А. О. Самцов

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

Научный руководитель А. В. Овсянник

На базе анализа прогнозных суточных графиков электрической нагрузки Белорусской энергосистемы и проведенных технико-экономических расчетов в работе показано, что наибольший спрос на маневренную полупиковую мощность ТЭЦ при-

ходится на рабочие дни зимнего периода, что применение электрокотлов на ТЭЦ обеспечивает наибольшее получение этой мощности при сравнительно небольших перерасходах топлива и что маневренные ТЭЦ с электрокотлами успешно конкурируют с использованием АЭС в маневренном полупиковом режиме со сроками окупаемости единовременных капиталовложений в электрокотлы в 0,5–1,6 года в зависимости от цены природного газа.

Предусматривается исследовать сравнительную энергетическую и экономическую эффективность использования различных энергоустановок, как действующих, так и новых, в маневренном полупиковом режиме. Предполагается, что результаты таких исследований позволят определить обоснованную очередность использования энергоустановок в разгрузке их по электрической мощности в ночные часы, укажут место ТЭЦ в экономическом ряду такого использования и окажутся полезными при выработке оптимальной структуры покрытия суточных графиков электрической нагрузки Белорусской энергосистемы различными энергоисточниками в условиях выхода Белорусской АЭС на проектную мощность.

Белорусская энергосистема долгое время работала и продолжает работать в условиях электроэнергетического самобаланса, полностью удовлетворяя потребность республики в электрической мощности и электроэнергии за счет собственных электростанций. В этой ситуации намечаемый ввод в эксплуатацию Белорусской АЭС проектной установленной мощностью 2380 МВт, решение о сооружении которой принято исходя из острой необходимости повышения энергетической безопасности республики и сокращения расхода природного газа, получаемого от одного поставщика – Российской Федерации, приводит к глубокому негативному воздействию на использование и режим работы существующих в энергосистеме традиционных электростанций.

Такое воздействие усугубляется двумя обстоятельствами – присутствием в энергосистеме высокой доли ТЭЦ, которая по установленной мощности в 2014 г. составляла 54 %, а к 2016 г. будет доведена до 60 %, и наличием в энергосистеме большой доли изношенного, выработавшего свой ресурс оборудования, замена и модернизация которого неизбежно сопровождается ростом суммарной мощности электростанций с темпом примерно соответствующим росту максимальной электрической нагрузки потребителей. Так что заблаговременно создать для АЭС свободную нишу в суточных графиках электрической нагрузки в наиболее напряженный зимний период не получается. Нет на данный момент и благоприятных предпосылок, чтобы задействовать для этого внешние электроэнергетические связи с соседними странами в расчете на экспорт электроэнергии.

Разгрузку по электрической мощности наиболее целесообразно осуществлять на турбоагрегатах типа «Т» с большой удельной выработкой электроэнергии на тепловом потреблении, к каким в Белорусской энергосистеме относятся теплофикационные турбоагрегаты Т-100-130, Т-180-130, Т-250-240, суммарная рабочая электрическая мощность которых составит 1710 МВт, то может потребоваться стопроцентная разгрузка этих турбоагрегатов.

В условиях ввода АЭС, когда для действующих электростанций значительно сокращается зона базовой электрической нагрузки, применение электрокотлов в целях разгрузки по электрической мощности теплофикационных турбин в ночное время, предусматривается установка в машзале главного корпуса Гомельской ТЭЦ-2 двух электрических котлов мощностью по 40 МВт со вспомогательным оборудованием. В ночной период электрокотлы включаются в работу при понижении температуры наружного воздуха ниже +4 °С, когда тепловая нагрузка зоны теплоснажения

начинает превышать технический минимум включенных в работу блоков (двух либо трех) (рис. 1). То есть электродкотлы работают практически весь отопительный период. При этом во всем диапазоне отрицательных температур наружного воздуха загрузка электродкотлов сохраняется на максимальном уровне 69 Гкал/ч (80 МВт).

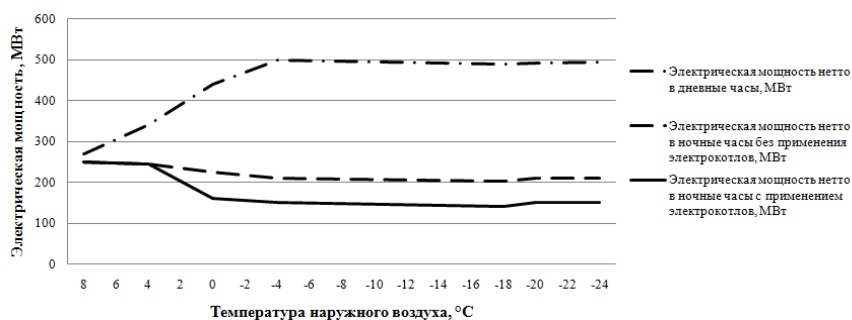


Рис. 1. Электрическая мощность нетто ТЭЦ-2 днем и в ночные часы без применения электродкотлов и при их применении

Применение электродкотлов на ТЭЦ следует рассматривать как наиболее действенное средство использования теплофикационных турбоагрегатов в маневренном режиме с разгрузкой их по электрической мощности в ночные часы, поскольку обеспечивают максимальное снижение выдачи электрической мощности в энергосистему при значительно меньшей разгрузке непосредственно турбоагрегата.

Разгрузка отборов турбоагрегатов на электродкотлы для получения маневренной мощности, по сравнению с разгрузкой на котлы ТЭЦ, не дает прямого энергетического эффекта в виде экономии топлива, что вполне естественно и объяснимо с термодинамических позиций, поскольку процесс работы электродкотлов неизбежно связан с «двойной трансформацией энергии», сопровождаемой дополнительными ее потерями. В энергетическом отношении применение электродкотлов на ТЭЦ приводит к незначительному повышению удельных расходов топлива на производство электроэнергии, в пределах 0,04–0,08 %, что можно рассматривать как приемлемую плату за полученную при этом дополнительную маневренную мощность при сохранении работы теплофикационных турбоагрегатов со значительно меньшей фактической разгрузкой (примерно в три раза).

Экономическая эффективность применения электродкотлов на ТЭЦ определена из условия, что при переводе действующих ТЭС в маневренный режим ТЭЦ являются замыкающими, когда маневренные возможности всех других электростанций уже использованы, и конкурентом ТЭЦ в покрытии полупиковой нагрузки энергосистемы остается лишь Белорусская АЭС. При экономическом сравнении с АЭС определилось высокое преимущество теплофикационных турбоагрегатов ТЭЦ в покрытии полупиковой нагрузки при окупаемости капитальных вложений в электродкотлы от 0,56 до 1,56 года, в зависимости от цены природного газа (рис. 2).

Положительная сторона применения электродкотлов выражается в резком сокращении фактической глубины разгрузки теплофикационного турбоагрегата по электрической мощности. При одной и той же величине снижения выдачи электрической мощности от турбоагрегата в энергосистему, принятой в размере 50 % номинальной мощности турбоагрегата, фактическая разгрузка турбоагрегатов по электрической мощности электродкотлов составила всего 15,8–17,3 %.



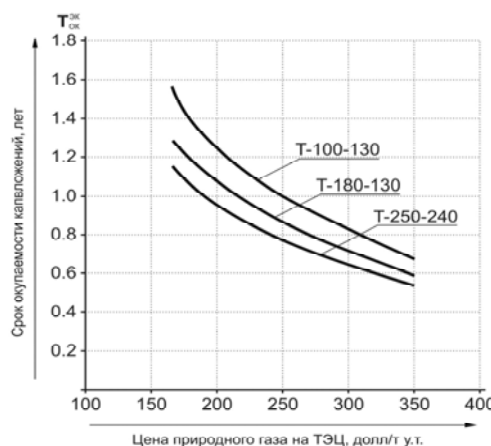


Рис. 2. Срок окупаемости единовременных капложений в электродкотлы, устанавливаемые для получения маневренной мощности на ТЭЦ

В условиях растущего спроса на маневренную полупиковую мощность в Белорусской энергосистеме при вводе АЭС это положительное свойство электродкотлов, устанавливаемых на ТЭЦ, становится весьма ценным, так как существенным образом расширяет диапазон возможного получения маневренной мощности на ТЭЦ, вплоть до стопроцентного снижения выдачи электрической мощности от турбоагрегата в энергосистему.

#### Литература

1. Якушев, А. П., Казамян В.Т., Малыхин А.П. Разработать технико-экономическое обоснование способов регулирования мощности при вводе АЭС в энергосистему Республики Беларусь : отчет о НИР / А. П. Якушев, В. Т. Казамян, А. П. Малыхин. – Минск : Объединен. ин-т энергет. и ядер. исслед. – Сосны НАНБ, 2008. – С. 72.
2. Якушев, А. П. Оптимизация ввода ядерной энергетики в топливно-энергетический комплекс Беларуси / А. П. Якушев, Б. Попов // Энергетика и ТЭК. – 2009. – № 9. – С. 14–17.
3. Левченко, С. А. Прогнозы топливно-энергетических балансов Беларуси / С. А. Левченко, А. П. Якушев, С. Н. Никитин // Энергетика и Менеджмент. – 2009. – № 1. – С. 11–15.

### КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПАРДИНАМИЧЕСКОГО ТЕРМОСИФОНА, ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

А. В. Родин, Р. Н. Жихарев

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

Научный руководитель А. В. Шаповалов

Целями работы являются: 1) сравнение двух конструкций пародинамического термосифона с выявлением достоинств и недостатков примененных технических решений в представленных образцах; 2) обобщение опытных данных и выведение эмпирических зависимостей для расчета термических сопротивлений.

Для исследования процессов, протекающих в полости пародинамического термосифона на кафедре «Промышленная теплоэнергетика и экология» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого» был создан экспериментальный стенд. На специально спроектированной

стойке установлен пародинамический термосифон. Стойка обеспечивает поворот пародинамического термосифона от горизонтального до строго вертикального положения. Для подвода теплового потока к испарителю служит спиральный электрический нагреватель. Подводимая мощность к нагревателю регулировалась с помощью лабораторного автотрансформатора. Пародинамический термосифон показан на рис. 1. Рабочий участок изготовлен разборным, выделяя в отдельные части испаритель, транспортную зону и конденсатор. Соединение между ними выполнено с помощью фланцев. Конденсатор представляет из себя медную трубу внешним диаметром 32 мм и толщиной стенки 1,5 мм. На трубе устанавливается водяной либо воздушный кожух охлаждения. Внутри конденсатора и испарителя соосно установлена труба меньшего диаметра. Это необходимо для разделения потоков пара и конденсата, что приводит к улучшению теплопередающих характеристик аппарата, а также такая конструкция обеспечивает передачу тепла в горизонтальном положении на большие расстояния. Испаритель, как и конденсатор, изготовлен из трубы, внешний диаметр которой также 32 мм и с толщиной стенки 1,5 мм. Внутренняя труба в испарителе выполняет ту же роль, что и в конденсаторе.

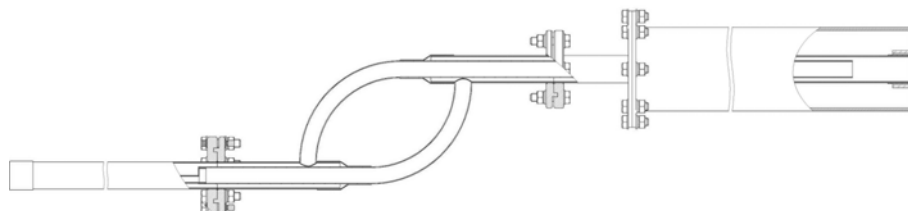


Рис. 1. Пародинамический термосифон

Для измерения температуры использовались хромель-капелевые термопары (диаметр проводников 0,2 мм). Сбор и обработка информации по специальной программе производились измерителем регулятором Сосна-002.

Методика проведения опытов заключается в ступенчатом увеличении теплового потока с определенной выдержкой между двумя приращениями тепловой нагрузки. Этот интервал во времени необходим для стабилизации изменяющихся параметров.

Термическое сопротивление  $R$  рассчитывалось по формуле

$$R = \frac{t_n - t_k}{q}, \frac{^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^2}{\text{Вт}}, \quad (1)$$

где  $q$  – тепловой поток, отнесенный к единице площади поверхности,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;  $t_n$  – температура в начале исследуемого участка термосифона,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_k$  – температура в конце исследуемого участка термосифона,  $^{\circ}\text{C}$ .

В основу обобщения опытных данных по минимальному термическому сопротивлению пародинамического термосифона вследствие того, что определяющую роль играют процессы осевого переноса, положена критериальная система вида [1]:

$$R_{\text{мин}} = f(K, K_p, l/d); \quad (2)$$

$$K = \frac{W'' \sqrt{\rho''}}{\sqrt[4]{\sigma g (\rho'' - \rho')}}; \quad (3)$$

$$K = \frac{P}{\sqrt[4]{\sigma g(\rho'' - \rho')}}, \quad (4)$$

где  $l$  – длина термосифона, мм;  $d$  – диаметр термосифона, мм;  $W''$  – скорость пара, м/с;  $\rho'$ ,  $\rho''$  – плотность жидкости и пара соответственно, кг/м<sup>3</sup>;  $\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения, Н/м;  $g$  – ускорение свободного падения, м<sup>2</sup>/с;  $P$  – давление, бар.

В качестве определяемого безразмерного комплекса принято безразмерное термическое сопротивление:

$$\frac{\Delta t_{\text{и-к}}}{q} \cdot \frac{\lambda_{\text{ж}}}{d} \equiv \frac{1}{\text{Nu}^*}. \quad (5)$$

Опытные данные обобщаются зависимостью:

$$\frac{\Delta t_{\text{и-к}}}{q} \cdot \frac{\lambda_{\text{ж}}}{d} = 3,16 \cdot 10^{-2} \cdot K^n \cdot K_p^{-0,4} \left( \frac{l}{d} - 41 \right); \quad (6)$$

$$n = 3,25 \cdot 10^{-2} \cdot \left( \frac{l}{d} - 59 \right), \quad (7)$$

где  $\Delta t_{\text{и-к}}$  – разность температур между испарителем и конденсатором, °С;  $q$  – удельная тепловая нагрузка, Вт/м<sup>2</sup>;  $\lambda_{\text{ж}}$  – теплопроводность жидкости, Вт/(м<sup>2</sup> · К).

Выражение (6) не совсем удовлетворяет опытными данным настоящего исследования, так как не учитывает размеров кольцевого зазора, в котором и происходят процессы теплообмена. Для устранения этого недостатка были внесены некоторые поправки в выражения (3) и (6). В результате формулы приобрели следующий вид:

$$K = \frac{W'' (\sqrt{\rho''})^{\left(\frac{d-d_{\text{вн}}}{d}\right)^{12}}}{\sqrt[4]{\sigma g(\rho'' - \rho')}}, \quad (8)$$

где  $d_{\text{вн}}$  – диаметр внутренней трубы, мм.

$$\frac{\Delta t_{\text{и-к}}}{q \left(\frac{d-d_{\text{вн}}}{d}\right)^{0,1}} \cdot \frac{\lambda_{\text{ж}}}{d} = 3,16 \cdot 10^{-2} \cdot K^n K_p^{-0,4} \left( \frac{l}{d} - 41 \right) \left( \frac{d-d_{\text{вн}}}{d} \right)^{2,1}. \quad (9)$$

Результаты обобщения опытных данных по минимальному термическому сопротивлению с учетом внесенных поправок представлены на рис. 2.

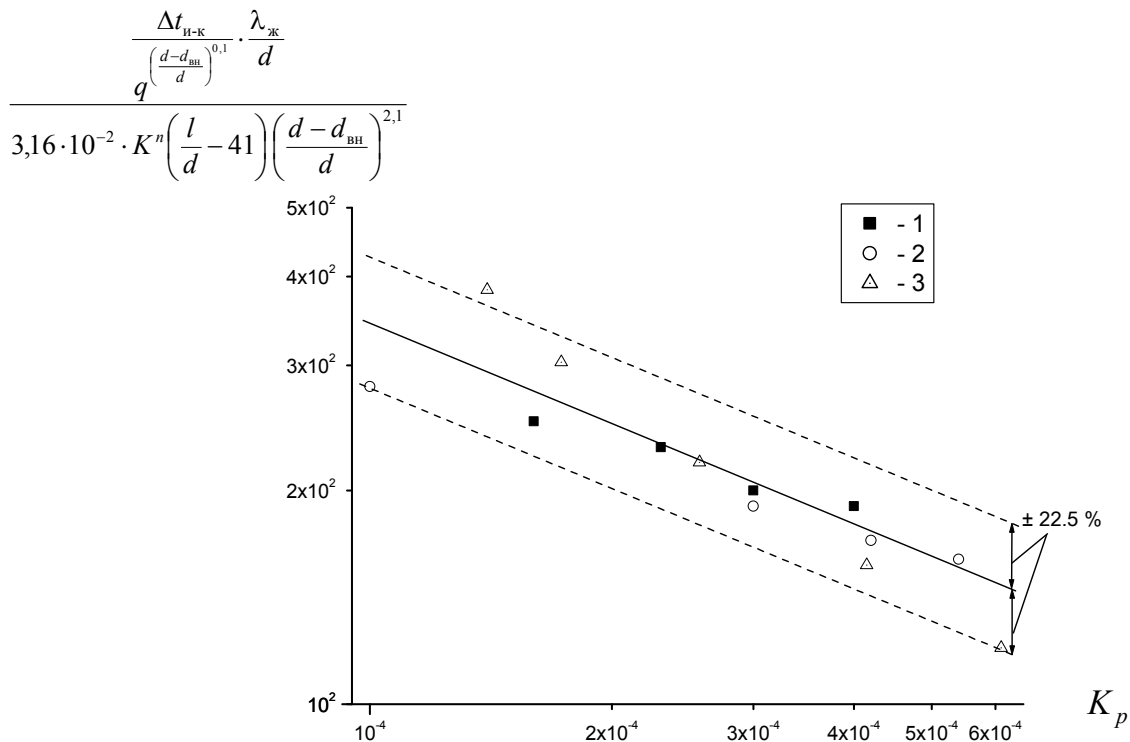


Рис. 2. Обобщение опытных данных по минимальному термическому сопротивлению по выражению (9):

1 –  $d = 25$  мм, фреон-113 [1]; 2 –  $d = 25$  мм, этанол [1];  
3 –  $d = 25$  мм, вода (данные настоящего исследования)

Относительная погрешность при расхождении опытных данных работы с результатами исследований, представленными в [1], составляет 22,5 %.

#### Заключение

1. Внесенные изменения в транспортную зону и изменение проходных сечений внутренних трубок зон испарения и конденсации позволили сократить время выхода на рабочий режим термосифона, находящегося на кафедре «Промышленная теплоэнергетика и экология», по сравнению с термосифоном лаборатории пористых сред ИТМО им. Лыкова.

2. В интервале нагрузок до 360 Вт не наблюдается режимов пульсаций, которые негативно влияют на стабильность работы.

3. Эмпирическое соотношение для определения термического сопротивления описывает экспериментальные данные с погрешностью не более 22,5 %.

4. По полученным экспериментальным данным не выявлено различия термического сопротивления от углов наклона.

5. По результатам расчетов погрешность измерения термического сопротивления не превысила 16 %, что для исследований подобного рода является приемлемой величиной.

#### 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. – К. : Факт, 2005. – 704 с.

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИКИ И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ.  
МОДЕРНИЗАЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ  
НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «БАРАНОВИЧСКИЙ КОМБИНАТ  
ХЛЕБОПРОДУКТОВ» С ВНЕДРЕНИЕМ СИСТЕМЫ  
ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ С УДАЛЕННОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ**

**С. С. Горунев**

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

Научный руководитель М. Н. Новиков

Центральные тепловые пункты (ЦТП) являются важной составной частью любой системы теплоснабжения. Фактически они связывают воедино квартальные магистральные теплосети. От точного и правильного функционирования тепловых пунктов зависит теплообеспечение многоквартирных домов и целых микрорайонов.

Развитие управления ЦТП можно условно разделить на 3 этапа. Первый этап – это когда никакой автоматизации, а тем более диспетчеризации не существовало. Например, для того чтобы уменьшить расход воды, человек сам использовал свою мускульную силу для закрытия дросселирующей задвижки. В дальнейшем технологии развивались и появились механизмы и различные устройства, с помощью которых стало возможно управление ЦТП в автоматическом режиме – этап второй. Это позволило существенно экономить как тепловую, так и электроэнергию, используемую в ЦТП. Третий этап – использование системы диспетчеризации.

Сегодня вопрос слаженной работы и автоматического контроля работы в случае с тепловыми пунктами стоит крайне остро. Именно поэтому представить работу ЦТП отдельно от системы автоматизации невозможно.

Так, автоматизация ЦТП позволяет отрегулировать отпуск тепловой энергии, создавая надлежащую циркуляцию теплоносителя в системах потребления квартала. Помимо всего прочего системы автоматизации ЦТП призваны поддерживать установленные величины температуры и давления в прямом трубопроводе и только давления в обратном трубопроводе. Плюс ко всему, такие системы контролируют температуру воды в трубопроводах горячей воды, как в штатном режиме, так и во время локализации аварийных ситуаций.

Весь процесс автоматизации ЦТП подразумевает применение так называемой двухуровневой системы управления. Нижний уровень – это система частного регулирования, а также системы регулирования работы приборов учета. Верхний уровень отвечает за сбор и хранение информации по объекту. Также верхняя система выводит показатели на пульт управления диспетчера.

Эффект от внедрения автоматизации колоссален. За счет применения автоматических систем достигается небывалая экономия на уровне 30–40 %. При этом снижаются расходы на эксплуатацию ЦТП в среднем на 5–10 %. Плюс, такая система позволяет вовремя реагировать на аварийные ситуации и локализовать их для снижения урона и быстрого устранения.

Основными целями диспетчеризации являются – оптимизация процессов управления энергетическими объектами, повышение оперативности управления и перевод значительной их части на эксплуатацию без постоянного присутствия обслуживающего персонала. Для работников диспетчерских служб, обслуживающих группу объектов, в первую очередь необходима информация о возникновении нештатных и аварийных ситуаций. При изменении режимов функционирования объекта необходима также информация о ходе процесса стабилизации технологических параметров.

Диспетчеризация (от английского слова *dispatch* – быстро выполнять) – централизация оперативного контроля и управления в энергетических, промышленных предприятиях, объектах УЖХ и газового хозяйства, основанная на применении современных средств передачи и обработки информации. Диспетчеризация обеспечивает согласованную работу отдельных звеньев управляемого объекта в целях повышения технико-экономических показателей, ритмичности работы, лучшего использования производственных мощностей, контроль с целью предупреждения возникновения аварийных ситуаций. Система позволяет вести оперативный учет потребления энергоресурсов и контролировать параметры инженерного оборудования.

Когда оборудование расположено в ЦТП без постоянного обслуживающего персонала или в другом удаленном месте, возникает необходимость удаленного контроля и управления с центрального диспетчерского пункта. Также необходимо ведение записей состояния оборудования, отклонение от нормы его параметров с возможностью дальнейшей архивации и просмотра данных за любой период времени.

Системы управления, позволяющие реализовать функции удаленного контроля и управления, называют системами управления зданием или системами диспетчеризации.

Диспетчеризации могут подлежать системы:

- электроснабжения и электроосвещения;
- противопожарного оборудования и устройства пожаротушения;
- вентиляции и кондиционирования воздуха;
- отопления и горячего водоснабжения;
- канализационных устройств и дренажа;
- газораспределительных пунктов и станций.

Необходимо отметить, что система диспетчеризации является надстройкой над локальной автоматикой, так как основные задачи управления инженерным оборудованием будут выполняться независимо от функционирования систем диспетчеризации.

Связи между элементами системы могут быть выполнены по самым разным технологиям, с применением различных типов коммуникационных интерфейсов – как проводных, так и беспроводных.

Существенным достоинством систем диспетчеризации является поддержка нескольких интерфейсов (протоколов) связи и в случаях совместного применения с оборудованием других производителей имеется возможность дальнейшего расширения системы без «привязки» к конкретному оборудованию.

Зачастую необходимо, чтобы информация о событиях, требующих внимания и быстрого реагирования обслуживающего персонала, доходила помимо диспетчерского пункта лицам, которые непосредственно обслуживают систему, у которых не всегда под рукой персональный компьютер. В этом случае помимо передачи данных на диспетчерский пункт информация с помощью SMS может передаваться непосредственно на мобильный телефон.

Задача данного исследования – оценить эффективность внедрения системы автоматики и диспетчеризации на ЦТП ОАО «Барановичский комбинат хлебопродуктов».

В ходе работы был выполнен проект ЦТП для ОАО «Барановичский комбинат хлебопродуктов» (расчетные расходы тепловой энергии на отопление  $Q_{от} = 1,7$  Гкал/ч, на ГВС  $Q_{гвс} = 0,211$  Гкал/ч). 3D-модель уже реализованного ЦТП представлена на рис. 2.

Система автоматики включает в себя ШУ<sub>гвс</sub>, ШУ<sub>от</sub>. Шкафы собраны на базе регулятора ЭСКО-РТ-1М, который производит управление регулирующими клапанами, отслеживая показания термометров сопротивления.

Система диспетчеризации построена на основе контроллера ПЛК 100, ОВЕН. Сигнал в котельную на пульт диспетчера передается радиоантенной.

На слайде представлен расчет срока окупаемости данного проекта. Срок окупаемости проекта с системой диспетчеризации составил 3,57 года.

В результате мы получили:

– от внедрения системы автоматизации экономия тепловой энергии составит  $Q = 1439,7$  Гкал/год;

– от внедрения диспетчеризации удалось снизить затраты на заработную плату на 23,7 млн бел. р./год.

Система диспетчеризации позволит оперативно устранять аварийные режимы работы оборудования, что в свою очередь уберезет его от поломок и снизит затраты на его ремонт.

### **ПРИМЕНЕНИЕ САМОНЕСУЩИХ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ ЛЭП 35кВ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**С. А. Рожко**

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

Научный руководитель А. Г. Ус

На ВЛЭП распределительных сетей 6–35 кВ в Республике Беларусь уже долгое время традиционно применяются неизолированные провода, имеющие множество недостатков. Однако и для этого класса напряжения созданы защищенные провода. За короткое время защищенные провода зарекомендовали себя как качественные, повышающие надежность электроснабжения электрические проводники. Во многих странах для линий электропередач напряжением до 35 кВ используются изолированные провода, которые подвешиваются на опорах, в однопроводном варианте – на подвесках. Масштабы сооружения ВЛ 35 кВ с использованием защищенного провода с каждым днем все увеличиваются.

Объектом изучения являются воздушные линии электропередач классом напряжения 35 кВ. Основные проблемы в распределительных электрических сетях:

– недостаточный уровень надежности ВЛ 6–35 кВ, достигающий 15–20 отключений в год на 100 км;

– высокий уровень потерь электроэнергии в сетях напряжением 35–110 кВ – 1,5 %, в сетях напряжением 0,4–35 кВ – 7,8 %;

– невыполнение требований по качеству электроэнергии;

– низкий уровень автоматизации.

Необходимость развития электрических сетей доказывает устойчивый рост электрических нагрузок. Ужесточаются требования к надежности электроснабжения и качеству электрической энергии. Нарастает объем электрических сетей, отработавших нормативный срок. Для обеспечения надежного и качественного электроснабжения потребителей необходимо определение оптимальных условий и основных технических направлений.

Самонесущие изолированные провода (СИП) предназначены для воздушных линий электропередач в районах с умеренным, холодным и тропическим климатом.

После выдержки в воде при температуре  $(20 \pm 10)$  °С не менее 10 мин провод испытывают переменным напряжением 4 кВ частотой 50 Гц в течение 5 мин. СИП-3 с изоляцией из сшитого полиэтилена стоек к изгибу при  $-40$  °С.

Минимальный радиус изгиба провода при монтаже на опорах должен быть не менее  $10D$ , где  $D$  – номинальный диаметр провода. Прокладка и монтаж провода должны проводиться при температуре окружающей среды не ниже  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Допустимый нагрев токопроводящей жилы провода СИП-3  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  при нормальном режиме эксплуатации и  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  – при коротком замыкании.

Схематический разрез провода показан на рис. 1.



Рис. 1. Схематический разрез провода:

1 – стальной сердечник; 2 – повив из алюминиевых проволок; 3 – изоляция жилы

Поставка провода осуществляется на барабанах заводами и основными потребителями. Стандарт устанавливает общие требования к проводам на напряжение 0,6/1 кВ с нулевой несущей жилой и проводом, защищенным на напряжение 10, 20 и 35 кВ. В качестве изоляции должны использоваться только сшиваемые композиции светостабилизированного полиэтилена. Использование термопластичного полиэтилена в качестве изоляции не рекомендуется. Предусмотрено также применение алюминиевых жил, упрочненных сталью в качестве несущего элемента провода. Для повышения устойчивости провода к проникновению воды в случае локального повреждения изоляции введены требования по продольной герметизации проводов. На рынке представлен широкий перечень изолированных проводов АМКА, SАХ-NK Energy (Финляндия), Торсада (Франция), отечественных марок «Аврора» и «Заря» – продукция ОАО «Севкабель», ОАО «Иркутсккабель». ОАО «Севкабель» освоено серийное производство самонесущих изолированных и защищенных проводов по типу АМКА, Торсада, SАХ.

Использование СИП существенно сокращает затраты на эксплуатацию энергосистемы: численность обслуживающего персонала уменьшается в несколько раз, а ремонтно-восстановительные работы идут без отключения сети. Гарантия бесперебойной службы арматуры и СИПов – 25 лет. Снижение падения напряжения благодаря значительно меньшему реактивному сопротивлению (в среднем 0,1 Ом/км вместо 0,35 Ом/км) увеличивает нагрузку в киловаттах при аналогичной линии и таком же падении напряжения или повышает качество переданной энергии при той же нагрузке. С 1986 г. строительство распределительных сетей ведется со стойками, имеющими несущую способность 3,5 тм (СВ110-3.5, СВ6105-3.5), 5 тм (СВ105), 7 тм (СНВ-7-13) и 9,3 тм (СВ164-2) для ВЛ 10 кВ. Их применение повысило надежность ВЛ. Однако при этом значительно увеличился расход металла и железобетона. Одновременно начали выявляться недостатки распределительных сетей на железобетонных опорах. Прежде всего, это низкая грозоупорность и необходимость заземления опор ВЛ 6–35 кВ, ограниченная гибкость конструкции, а также деформирование конструкций при транспортировке по трассе и увеличение веса конструкций. В целях повышения эксплуатационной надежности и долговечности ВЛ 6–20 кВ разработаны проекты новых железобетонных стоек марки С112 (С112-1, С112-2 и С112-3) и опор ВЛ 10 кВ с этими стойками. Применение стоек марки С112 в соот-



ветствии с указанными рекомендациями обеспечит нормальную работу ВЛ 35 кВ при воздействии гололедно-ветровых нагрузок с повторяемостью не чаще одного раза в 50 лет, что для принятого расчетного срока службы линий (45 лет) соответствует риску ее разрушения менее 60 %. Такой уровень риска близок к принимаемому для ВЛ за рубежом. Это приведет к экономии, связанной с вырубкой более узкой просеки в лесной местности, возможностью использования более коротких опор. (Допустимое расстояние до поверхности земли для изолированных проводов составляет 4 м, для неизолированных – 8 м).

Преимущества СИП следующие:

1) упрощение процесса прокладки новой линии, возможность переоборудования существующих линии с неизолированными проводами на линии с самонесущими изолированными проводами;

2) возможность установки дополнительных СИП параллельно существующим для удвоения мощности сети (что недопустимо при использовании неизолированных проводов);

3) возможность совместной прокладки на одних и тех же опорах одновременно СИП и высоковольтных воздушных линий 35 кВ с неизолированными или защищенными проводами;

4) возможность одновременного монтажа на одних и тех же опорах телефонных линий (на 0,5 м ниже линии с СИП);

5) резкое снижение (до 80 %) эксплуатационных затрат, обусловленное высокой надежностью и бесперебойностью энергообеспечения потребителей, а также отсутствием необходимости расчистки просек в процессе эксплуатации линии, замены поврежденных изоляторов;

6) простота монтажных работ, возможность подключения новых абонентов под напряжением, без отключения остальных от энергоснабжения и как следствие сокращение сроков ремонта и монтажа;

7) снижение риска возникновения пожаров в лесистой или покрытой кустарником местности при падении провода на землю;

8) уменьшение безопасных расстояний до зданий и инженерных сооружений (электрических, телефонных, воздушных линий), что обеспечивает большую гибкость при прокладке;

9) высокая безопасность обслуживания – отсутствие риска поражения при касании фазных проводов, находящихся под напряжением;

10) незначительное обрастание гололедом и мокрым снегом изолированной поверхности проводов. ПЭ не образует ни электрических, ни химических связей с контактирующими с ним веществами, поэтому мокрый снег легко стекает с круглой поверхности изолированных проводов. В проводах марки А и АС мокрый снег может удерживаться в канавках между проволоками и приводить к обрастанию;

11) повышенная надежность в зонах интенсивного гололедообразования, уменьшение гололедно-ветровых нагрузок на опоры;

12) бесперебойное электроснабжение в случае срыва СИП с опор. На воздушных линиях с такими проводами можно сооружать опоры меньшей высоты, чем те, которые применяются для линий с неизолированными проводами, и менее металлоемкие траверсы. Кроме того, отпадает необходимость в раскаточных роликах при монтаже проводов вследствие использования изоляторов с канавкой. Это снижает расход металла, бетона и сокращает трудоемкость при монтаже.

При проектировании ВЛЗ и ВЛИ вместо электромеханических и аналоговых устройств защиты и автоматики используются цифровые программируемые микропроцессорные реле-терминалы. Эти устройства обеспечивают дистанционное управление защищаемого объекта, передачу информации о текущих электрических параметрах, значениях входных и выходных сигналов, а также позволяют изменять уставки цифровых реле.

Изолированные провода нуждаются в защите от грозовых перенапряжений. При возникновении грозового перенапряжения пробивается воздушный промежуток на поверхности изолятора и достаточно долго горит питаемая сетью дуга – в сетях среднего напряжения однофазный пробой не регистрируется релейной защитой и линия не отключается.

Существуют различные способы защиты от грозовых перенапряжений. Одним из первых появился метод защиты искровым промежутком. Широко применяется, но остается довольно дорогим способ с использованием ограничителей перенапряжения. Эти методы описаны во многих изданиях и статьях. Достаточно давно используется в Европе способ перевода пробоя из однофазного в межфазный. Устройство конструктивно достаточно простое, но необходимо учитывать достаточно малое межфазное расстояние. Устанавливается на достаточном удалении от изолятора (длина вязки спиральной + 5 см), причем рог направлен от опоры, но в сторону траверсы. Само устройство имеет прокалывающие изоляцию контактные зубья, которые при монтаже выводят потенциал провода на рог и поверхность провода. С помощью алюминиевой проволоки этот потенциал выведен на поверхность провода вплоть до изолятора. При возникновении грозового перенапряжения пробивается промежуток у изолятора между проводом и траверсой, но дуга горит не на самом проводе, а на той проволоке, которая выводит потенциал на поверхность. Далее дуга перемещается по проволоке в сторону рогов и за счет ионизации воздуха и относительно небольшого межфазного расстояния переходит в межфазное состояние. Пробой становится видимым для релейной защиты, которая отключает линию.

## **ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ТЕПЛОВЫЕ СТРУКТУРЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ С ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ**

**А. Е. Лисун**

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

Научный руководитель Д. Г. Кроль

Задачи промышленной экологии и экологической безопасности отличаются огромным разнообразием взаимодействий. В современной теории динамических систем, применяемых при математическом моделировании экологических процессов, важное место принадлежит системам, которые содержат источники энергии и характеризуются наличием пространственно-периодических стационарных и нестационарных состояний [1]. Обычно такие состояния изучаются в одномерном и квазиодномерном приближениях. В докладе изложены результаты исследования периодических 2D-структур. Суть изучаемой проблемы состоит в следующем. Система «среда – источник энергии» находится в стационарном состоянии. Это состояние характеризуется двухмерным плоским температурным полем, периодическим по координате  $x, y$ . Например, такое тепловое поле может быть условием функционирования двумерной системы кластеров (ячеек) различной теплофизической системы.

Внешний по отношению к среде источник энергии  $W$  возбуждает стоячую волну, которая локализована на линии разрыва  $x = 0$ . Цели исследования: 1) проанализировать закономерности воздействия стоячей волны на пространственно-периодическое тепловое поле; 2) изучить морфологические свойства двумерного поля изотерм.

Для исследования нестационарных температурных полей применяем уравнение теплопроводности с источником энергии:

$$c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + q_v, \quad q_v = q_v^1 (T - T_0), \quad q_v^1 > 0, \quad \lambda, c, q_v^1, T_0 - \text{const},$$

где  $T$  – температура;  $c$  – объемная теплоемкость;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности;  $x, y$  – прямоугольные декартовы координаты;  $t$  – время;  $q_v$  – мощность внутренних источников тепла.

Решение уравнения теплопроводности (1) представим в виде  $\tau(x, y, t) = \tau_s(x, y) + \theta(x, y, t)$ , где  $\tau = T - T_0$  – отклонения температуры от ее нейтрального значения;  $q_v(T = T_0) = 0$ . Для стационарной температуры  $\tau_s(x, y)$  рассмотрим случай, когда нейтральная изотерма  $\tau_s = 0$  представляет ячейки треугольного вида:  $\tau_s(x, y) = 2A_3 \sin(y) [\cos(y) - \cos(x\sqrt{3})]$ ,  $q_v^1 / \lambda = 4$ . Здесь  $\tau_s = 0$  вдоль линий  $y = \pi n_0$ ,  $x\sqrt{3} \pm y = \pi n_0$ . Нестационарная часть решения имеет вид:  $\theta(x, y, t) = A_1 \exp(-rx) \sin(\omega t - rx) \sin(hy)$ ,  $h^2 = q_v^1 / \lambda$ ,  $r = (\omega / 2a)^{1/2}$ ,  $a = \lambda / c$ . Здесь  $A_1, \omega$  – произвольные постоянные.

Типичные изображения линий изотерм представлены на рис. 1, а. Отчетливо наблюдается «шахматный» порядок расположения изотерм. Основным элементом всех этих периодических структур является нейтральная изотерма  $\tau = 0$ . Возбуждающая стоячая волна изменяет морфологические свойства исходных (стационарных) изотерм. Эти изменения локализованы в конечной окрестности разрыва  $x = 0$ , и в ходе колебаний формируется режим пульсаций, при котором деформированные линии отдельных изотерм сближаются/удаляются друг от друга. Характер деформирования нейтральной изотермы полностью зависит от структуры исходного стационарного температурного поля. Хорошо видно, что режим пульсаций проявляется прежде всего вблизи нейтральной изотермы, примыкающей к разрыву  $x = 0$  (рис. 1, а).

Для иллюстрации градиентных свойств температурных полей были построены фазовые портреты изучаемой теплофизической системы в трехмерном пространстве (рис. 1, б). Индексом  $j$  отмечены значения функций при  $x = 0$  на волне  $y_j = (\omega t - \pi / 4) / n$ ,  $t \geq 0$ .

Представленные в докладе результаты численного моделирования позволяют сделать качественные и количественные оценки динамического внешнего воздействия на стационарные тепловые структуры.

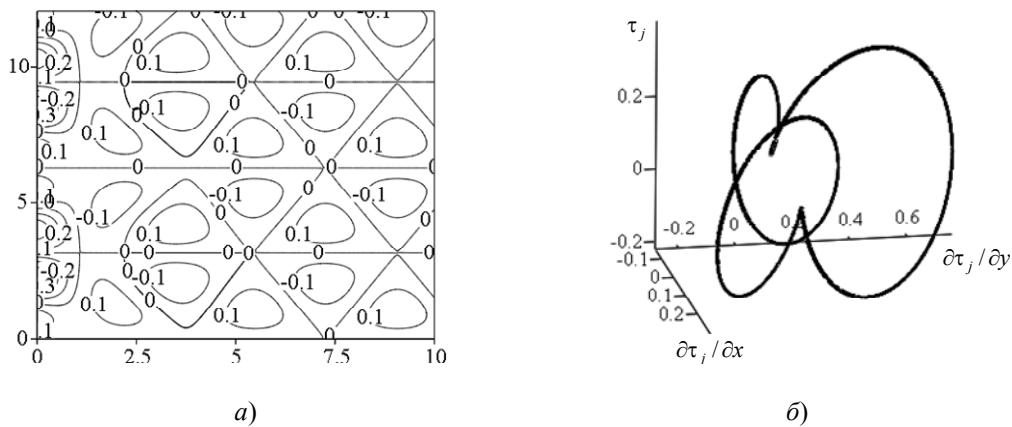


Рис. 1. Типичное промежуточное состояние  $[t = \pi/(2\omega)]$  линий изотерм при воздействии стоячей волны на стационарное тепловое поле (а); фазовый портрет теплофизической системы (б)

Работа выполнена в рамках госпрограммы «Энергобезопасность, энергоэффективность и энергосбережение, атомная энергетика 2.1.17». Научный руководитель проекта профессор О. Н. Шабловский.

#### Литература

1. Шабловский, О. Н. Неравновесные тепловые структуры в средах с источниками энергии / О. Н. Шабловский, Д. Г. Кроль. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – 208 с.

### РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ

А. В. Кучерявенко

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

Научный руководитель Ю. Н. Колесник

В настоящее время большинство предприятий, работающих на территории Республики Беларусь, эксплуатируются еще со времен СССР. Ввиду этого оборудование к данному моменту либо устарело, либо имеет малый остаточный ресурс, так как эксплуатируется уже более 20 лет. Кроме того, следует учитывать и то, что оборудование в большинстве своем недогружено. Следовательно, модернизация этих агрегатов может дать некоторый энергосберегающий эффект. В то же время известно, что мероприятия по модернизации технологического оборудования являются наиболее затратными и требуют существенных инвестиций. Поэтому поиск вариантов модернизации, обеспечивающих наилучшую энергетическую и экономическую эффективность, является актуальной задачей.

Основной целью данной работы является комплексная оценка эффективности различных вариантов модернизации высоковольтных технологических агрегатов. При этом решаются следующие задачи:

- Анализ технического состояния, энергетических характеристик и режимов работы высоковольтных электроприемников.

- Разработка различных вариантов энергосберегающих мероприятий по модернизации высоковольтных электроприемников.
- Энергетическая оценка эффективности предлагаемых энергосберегающих мероприятий.
- Экономическое обоснование эффективности предложенных энергосберегающих мероприятий и выбор наилучшего из них.
- Разработка программно-вычислительного комплекса для оценки эффективности энергосберегающих мероприятий.

Решение поставленных задач рассмотрим на примере модернизации высоковольтного мельничного вентилятора, установленного в цехе сложно-смешанных минеральных удобрений на ОАО «Гомельский химический завод».

Параметры электродвигателя следующие:

- 1) номинальная мощность, кВт – 400;
- 2) номинальное напряжение, В – 6000;
- 3) частота тока, Гц – 50;
- 4) номинальная частота вращения, об/мин – 1484;
- 5) ток статора, А – 47;
- 6) коэффициент полезного действия, % – 94,2;
- 7) коэффициент мощности ( $\cos\varphi$ ) – 0,87;
- 8) дата выпуска 20.03.1989 г.

На диаграмме (рис. 1) представлен график нагрузки на двигатель, которая меняется в зависимости от требований к технологическому процессу.

Производительность регулируется при помощи шиберной заслонки. В свою очередь, высоковольтные частотно-регулируемые электроприводы на ОАО «Гомельский химический завод» не используются в связи с их высокой стоимостью.



Рис. 1. Упорядоченный график нагрузки на двигатель вентилятора

В качестве путей решения проблемы предложено четыре варианта модернизации:

- 1) установить к существующему электродвигателю высоковольтный частотный преобразователь напряжением 6 кВ;
- 2) заменить агрегат на современный и установить высоковольтный частотный преобразователь;
- 3) заменить высоковольтный вентиляторный агрегат агрегатом напряжением 0,4 кВ и установить частотный преобразователь напряжением 0,4 кВ;
- 4) заменить агрегат на агрегат напряжением 0,4 кВ и установить частотный преобразователь на 0,4 кВ, при этом в трансформаторной подстанции цеха предлагается замена трансформаторов на энергоэффективные типа ТМГ12-1000.

Известно, что регулируемые электроприводы обладают рядом преимуществ, основные из них:

- 1) снижение расхода электроэнергии на 35–50 %;
- 2) получение плавного пуска электродвигателя;
- 3) снижение излишнего напора при малой производительности;
- 4) изменение схемы водоснабжения или воздуходобывания, исключив клапаны и задвижки;
- 5) увеличение в 5–10 раз сроков межремонтного обслуживания.

В данной работе оценка энергоэффективности частотно-регулируемого электропривода проводилась при помощи разработанной компьютерной программы. Для работы с ней необходимо ввести данные агрегата (рис. 2), для которого будет выбираться частотный преобразователь.

Посуточная загрузка двигателя, %	
с 0 до 3 часов	54
с 3 до 6 часов	54
с 6 до 9 часов	54
с 9 до 12 часов	70
с 12 до 15 часов	70
с 15 до 18 часов	70
с 18 до 21 часов	86
с 21 до 0 часов	86

Рис. 2. Окно ввода исходных данных

Далее с учетом полученных результатов выполняется расчет следующих показателей экономической эффективности мероприятий.

Чистый дисконтированный доход:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \frac{(\Pi_t - O_t)}{d_t},$$

где  $T$  – инвестиционный период, срок жизни проекта – период, в течение которого инвестиции генерируют приток денежных средств;  $t$  – годы реализации проекта;  $O_t$  – отток реальных денег, т. е. затраты, осуществляемые в году  $t$ ;  $\Pi_t$  – приток реальных денег, т. е. доходы, получаемые от эксплуатации инвестиционного проекта в году  $t$ ;  $d_t$  – дисконтированный множитель.

Простой срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Pi},$$

где  $\Pi$  – прибыль, получаемая в результате капитальных вложений;  $K$  – величина капитальных вложений.

Динамический срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}}^{\text{дин}} = t - \frac{\text{ЧДД}_t}{\text{ЧДД}_{t+1} - \text{ЧДД}_t}.$$

Окончательные результаты расчетов сводятся в таблицу.

### Результаты расчетов эффекта мероприятий

Вариант модернизации	Экономия электроэнергии		Затраты, у. е.	Период окупаемости, лет	Динамический период окупаемости, лет	ЧДД (за 10 лет), у. е.
	кВт · ч	у. е.				
1	245540	26968	186234	6,9	–	–82157
2	249803	27436	209292	7,6	–	–103407
3	201051	22103	63554	2,8	5,6	21746
4	231378	25396	97874	3,8	14,8	135

Как видно из таблицы, вариант № 2 наиболее затратный по сравнению с остальными. Он также имеет самый долгий срок окупаемости и малый ЧДД, но при этом характеризуется наибольшей экономией электроэнергии.

Вариант № 3 имеет малый срок окупаемости, но со стороны экономии электроэнергии обладает самым низким показателем, при этом обеспечивает наибольший ЧДД при наименьших затратах.

В условиях необходимости наращивания экономии электроэнергии вариант № 4 с дополнительной заменой трансформаторов на ТМГ12 более эффективен и позволяет сэкономить 15 % электроэнергии ежегодно. Данный вариант имеет средние показатели экономии электроэнергии, затрат, срока окупаемости и ЧДД по сравнению с остальными вариантами.

С учетом того, что в настоящее время на многих предприятиях используется большое количество технологических агрегатов, которые требуют модернизации, предлагаемая программно-вычислительная система для комплексной оценки эффективности различных вариантов модернизации позволит существенно сократить трудоемкость и повысить эффективность решения подобного рода задач.

## КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

У. А. Астапович, И. А. Филимонова

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

Научный руководитель В. В. Тодарев

Безредукторный асинхронный колебательный электропривод, построенный по принципу качающегося электромагнитного поля статора [1], позволит улучшить массогабаритные показатели механических устройств периодического движения.

Но как показано в [2], серийный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором в колебательном режиме работает с низким коэффициентом полезного действия – 0,25–0,35 и, как следствие, в крайне тяжелых условиях по нагреву.

Это особенно проявляется в колебательных приводах со значительной инерционной нагрузкой, когда появляется фазовый сдвиг  $\varphi_k$  между угловой частотой вращения качающегося электромагнитного поля статора, которую в первом приближении можно выразить как  $\omega_1(t) = \omega_1 \text{sign}(\sin \lambda t)$  и синусоидально изменяющиеся угловой частотой вращения ротора двигателя  $\omega_2 = \omega_{2m} \sin(\lambda t - \varphi_k)$  (рис. 1). Наличие фазового сдвига  $\varphi_k$  приводит к тому, что текущее значение скольжения  $s$  превышает единицу, а среднее значение скольжения близко к единице, токи ротора и статора

соизмеримы с пусковыми, электромагнитный момент относительно мал, потери мощности в обмотках ротора и статора значительно в разы больше номинальных.

Несколько лучше показатели двигателя в режиме механического резонанса, когда  $\varphi_k < 0$  (рис. 2) за счет компенсации инерционной нагрузки позиционной в виде пружины [2]. Среднее значение коэффициента полезного действия возрастает до 0,45–0,55, скольжение снижается до 0,3–0,5.

Аналогичными механическими и энергетическими показателями обладает автоколебательный привод маятникового типа, при этом колебательное движение задается механической системой, подпитку колебательного контура активной энергией можно осуществлять в оптимальные с точки зрения преобразователя энергии в асинхронном двигателе моменты времени – при наибольшем коэффициенте полезного действия [2].

Данное техническое решение приводит к асинхронному автоколебательному электроприводу с импульсным питанием.

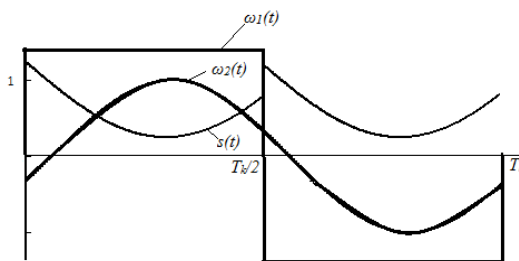


Рис. 1. Временные зависимости параметров колебательного движения  $\omega_1(t)$ ,  $\omega_2(t)$ ,  $s(t)$  при механическом фазовом сдвиге

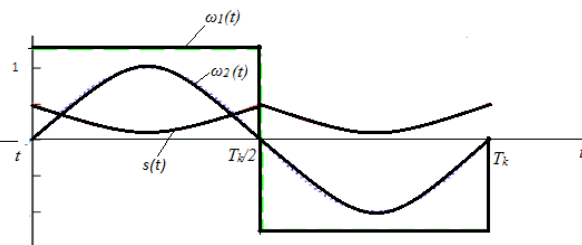


Рис. 2. Временные зависимости параметров колебательного движения  $\omega_1(t)$ ,  $\omega_2(t)$ ,  $s(t)$  при механическом резонансе

С помощью математической модели для асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором 4А71А6У3 были рассчитаны временные рабочие показатели и их средние за период колебаний  $T_k$  значения для автоколебательных режимов с полным и импульсным питанием. В случае полного питания колебательный режим создавался «жестким» реверсом электромагнитного поля. При расчетной частоте колебаний  $f_k = 0,25$  Гц и соответственно  $f_k \ll f_1$ , где  $f_1$  – частота питающей сети, режим принимался квазиустановившимся. Максимальное значение угловой частоты вращения ротора  $\omega_{2\max}$  принималось постоянным, временной интервал импульсного питания – при среднем скольжении  $S = S_{\text{ном}}$ . Результаты расчета представлены на рис. 3 и в таблице, причем потери мощности приведены в относительных единицах

$$\Delta P_{\Sigma}^* = \frac{\Delta P_{\Sigma}}{\Delta P_{\Sigma\text{ном}}}.$$

При импульсном питании можно пренебречь оптимальными пусковыми свойствами асинхронного электродвигателя, сосредоточившись на режиме вращения в области номинального скольжения. С этой целью при расчетах активное сопротивление ротора было уменьшено до  $0,5R_2$ . Результаты расчета приведены на рис. 4 и в таблице.



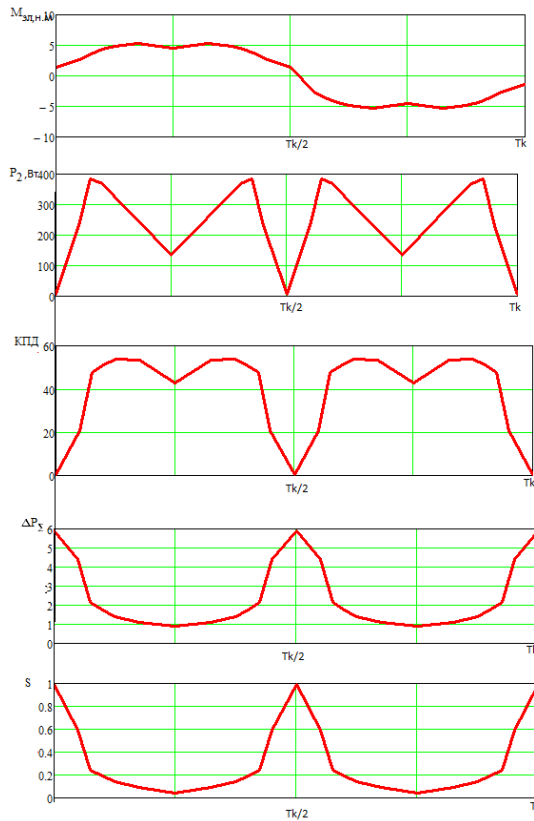


Рис. 3. Временные рабочие показатели автоколебательного режима при полном питании двигателя

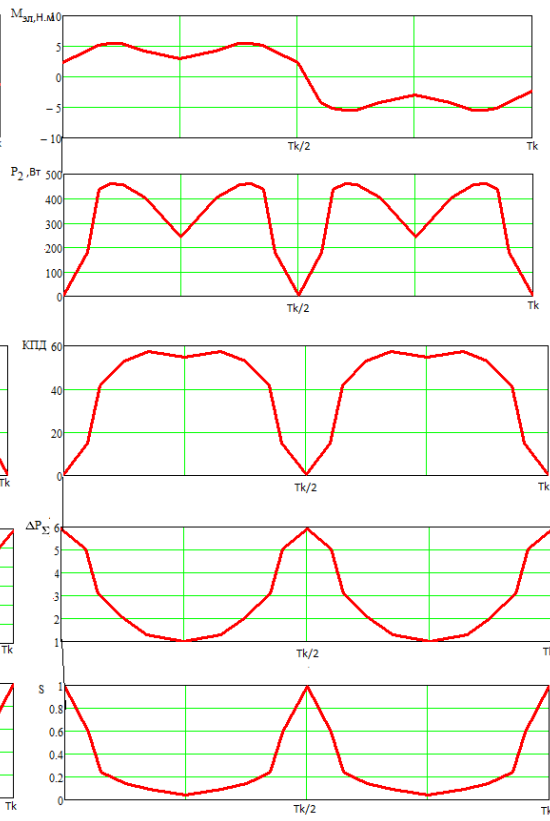


Рис. 4. Временные рабочие показатели автоколебательного режима при сопротивлении ротора  $0,5R_2$

### Средние значения рабочих показателей двигателя за период колебаний $T_k$

Параметр	Единица измерения	Полное питание	Импульсное питание	Импульсное питание при $0,5R_2$
$S$	–	0,34	0,1	0,1
$P_2$	Вт	251,7	258,38	392,6
$\Delta P_{\Sigma}^*$	–	2,64	1,182	1,544
$\eta$	–	38,15	51,474	55,09

Проведенные расчеты показывают, что оптимизация активного сопротивления ротора позволяет значительно улучшить энергетические показатели автоколебательного асинхронного электропривода, причем кардинальное решение может быть связано с изменением конструкции ротора [3].

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

1. Наиболее выгодным по преобразованию энергии является автоколебательный привод маятникового типа с импульсной подпиткой механического колебательного контура активной энергией.

2. Помимо схемных решений по оптимизации асинхронного колебательного электропривода целесообразно оптимизировать параметры силового электродвигателя, например, активное сопротивление ротора путем изменения его конструкции.

## Литература

1. Луковников, В. И. Электропривод колебательного движения / В. И. Луковников. – М. : Энергоиздат, 1984.
2. Тодарев, В. В. Энергетические характеристики асинхронного электродвигателя колебательного движения : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. В. Тодарев. – Минск, 1990.
3. Олейников, А. М. Асинхронные двигатели с двухслойным ротором и их применение / А. М. Олейников, В. С. Могильников. – М., 1983.

## СИСТЕМА ОТБОРА ПРОБ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ МОТОРНОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА КАК ОБЪЕКТ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А. Н. Кондратенко<sup>1,2</sup>, А. О. Бурменко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков

<sup>2</sup>Институт проблем машиностроения имени А. Н. Подгорного НАН Украины,  
г. Харьков

Научные руководители: А. П. Строков<sup>2</sup>, И. В. Мищенко<sup>1</sup>

### Введение

Общеизвестным является то, что в качестве результата научных исследований в первую очередь ожидают получение нового интеллектуального продукта, который отличается научной новизной и практической ценностью. При этом на данном отрезке жизненного цикла он проходит стадию экспериментальных исследований физических процессов, составляющих основу функционирования, а также его рабочих характеристик как готового изделия. Часто эти программы реализуют цели и задачи так называемых «пионерских» научно-исследовательских работ по изучению «белых пятен» в определенных областях знаний, что и является сутью научного исследования.

Реализация таких исследований связана с разработкой соответствующих программ и методик, проектировании и изготовлении экспериментальных образцов и создания и совершенствования соответствующей материальной базы – стендов, установок, средств измерительной техники (СИТ) и т. д. То есть, объекты материальной базы исследовательских лабораторий являются уникальными, хотя и рассчитанными на реализацию как можно более широкого спектра программ экспериментов.

Также известно, что никакие измерения не могут быть выполнены абсолютно точно и всегда содержат некоторую ошибку, остается только достоверно определить ее величину, от которой зависит ценность полученных данных [1].

Поэтому работы, направленные на выявление и анализ метрологических аспектов создания нового лабораторного оборудования и модернизации имеющегося, актуальны, поскольку от точности проведения прямых и косвенных измерений зависит «четкость» современной картины мира.

**Целью исследования** является описание устройства модернизированной системы отбора проб отработавших газов (ОГ) на токсичность и дымность моторного испытательного стенда (МИС) отдела поршневых энергоустановок (ПЭУ) Института проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины (ИПМаш НАНУ) для дальнейшего анализа ее как метрологической системы [2].

### Постановка задачи и ее решение

В отделе ПЭУ ИПМаш НАНУ разработан модульный фильтр твердых частиц (ФТЧ) дизеля новой нетрадиционной конструкции с насыпкой из природного цеолита в сетчатых кассетах – ФТЧ ИПМаш.

Несколько вариантов его конструкции воплощены в виде действующих макетов фильтрующего элемента (ФЭ) ФТЧ ИПМаш. Их рабочие характеристики в реальных условиях эксплуатации исследованы экспериментально на моторном испытательном стенде (МИС) отдела ПЭУ [2].

МИС представляет собой сложную систему взаимосвязанных энергетических установок, его устройство и особенности работы описаны в [3].

Для проведения стендовых моторных исследований ФТЧ ИПМаш выпускную систему МИС модернизировали путем дополнения ее местом установки экспериментальных образцов (макетодерживающей вставкой (МВ)), новыми системами отбора проб ОГ на токсичность и дымность и измерения газодинамических параметров потока ОГ [2], [3].

Схема модернизированной выпускной системы МИС приведена на рис. 1, а ее внешний вид – на рис. 2 [2], [3].

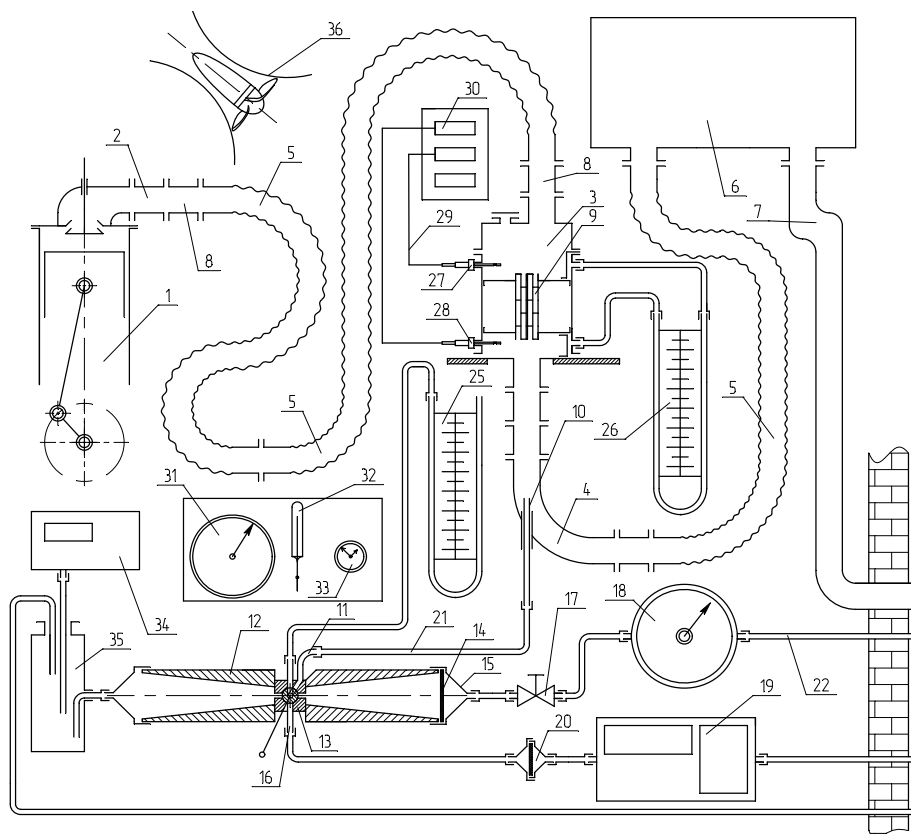


Рис. 1. Схема системы отбора проб ОГ моторного испытательного стенда:

- 1 – дизель 2Ч10,5/12; 2 – выпускной коллектор дизеля; 3 – макетодерживающая вставка; 4 – угловой газопровод; 5 – гибкие жаропрочные газопроводы; 6 – глушитель шума выпуска ВГ; 7 – газывыводная труба; 8 – переходники; 9 – действующий макет ФЭ ФТЧ; 10 – пробоотборный зонд; 11–13, 15, 16 – входной штуцер, конус, четырехходовой кран, колпак и выходной штуцер аллонжа; 14 – сменный фильтр; 17 – регулирующий кран; 18 – расходомер газа; 19 – пятикомпонентный газоанализатор с печатающим устройством АВТОТЕСТ-02.03.П; 20 – защитный фильтр с держателем; 21 – соединительный трубопровод; 22–24 – выводные трубопроводы; 25, 26 – дифманометры ДМ; 27, 28 – датчики термометрические ТХА; 29 – электропровод; 30 – прибор ОВЕН ТРМ-200; 31 – барометр-анероид БАММ-1М; 32 – термометр ртутный; 33 – секундомер; 34 – дымомер ИНФРАКАР-Д; 35 – измерительный ресивер (6,36 л); 36 – воздуходувка

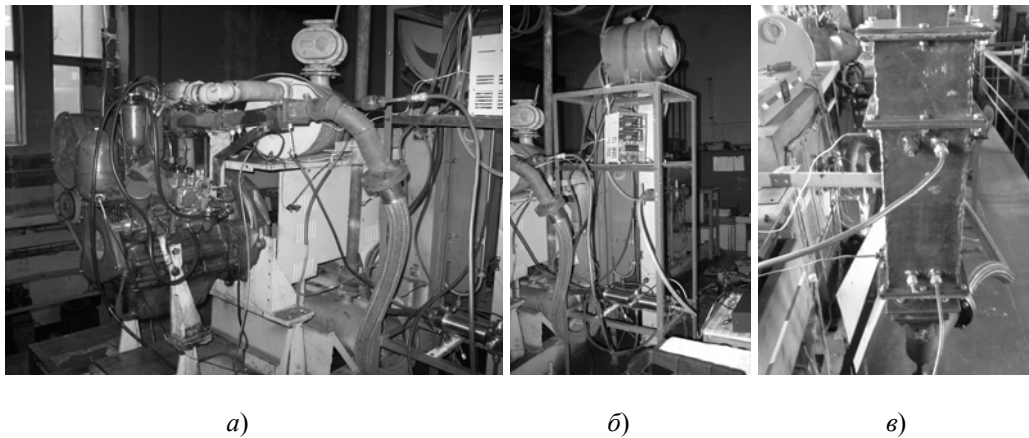


Рис. 2. Модернизированная выпускная система МИС, оборудованная МВ и системой отбора проб ОГ на токсичность:  
 а – общий вид; б – стойка с приборами; в – макетодерживающая вставка

Испытания проводятся в соответствии с программами и методиками отдела ПЭУ, а также положениями ГОСТ 18509–88 и ГОСТ 14846–87 [4], [5], где также содержатся требования к точности измерений некоторых величин.

Программы исследований построены на основе стандартизованных испытательных 13- и 8-режимных стационарных циклов, представляющих собой модели эксплуатации автомобильных и тракторных дизелей соответственно и описаны в Правилах ЕЭК ООН № 49 и № 96 [7], [8]. Их адаптировали к возможностям материальной базы лаборатории отдела ПЭУ, особенности адаптации описаны в [2].

Методика определения погрешностей прямого и косвенного измерения режимных параметров работы дизеля, газодинамических параметров ОГ, параметров токсичности и дымности ОГ на МИС будет предметом дальнейших исследований [1].

#### **Заключение**

В данном исследовании рассмотрено устройство, состав и особенности системы отбора проб ОГ на токсичность и дымность МИС отдела ПЭУ ИПМаш НАНУ как метрологической системы.

В дальнейших исследованиях будет разработана и описана методика определения погрешностей прямого и косвенного измерения режимных параметров работы дизеля, газодинамических параметров ОГ, параметров токсичности и дымности ОГ на МИС.

#### **Литература**

1. Рабинович, С. Г. Погрешности измерений / С. Г. Рабинович. – Л. : Энергия, 1978. – 262 с.
2. Вамболь, С. О. Стендові випробування автотракторного дизеля 2Ч10,5/12 за стандартизованими циклами для визначення ефективності роботи ФТЧ / С. О. Вамболь, О. П. Строков, О. М. Кондратенко // Вісник Національного технічного університету «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – 2014. – № 10 (1053). – С. 11–18.
3. Разработка малозатратной технологии и автоматизированной системы очистки отработавших газов дизеля от твердых частиц : Отчет о НИР / ИПМаш НАНУ ; рук. А. П. Строков. – № ГР 0111U001762. – Харьков, 2011–2012. – 131 с.
4. ГОСТ 18509–88. Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 78 с.
5. ГОСТ 14846–87. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 42 с.

6. Regulation № 49. Revision 5. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) and natural gas (NG) engines as well as positive-ignition (P.I.) engines fuelled with liquefied petroleum gas (LPG) and vehicles equipped with C.I. and NG engines and P.I. engines fuelled with LPG, with regard to the emissions of pollutants by the engine. – United Nations Economic and Social Council Economics Commission for Europe Inland Transport Committee Working Party on the Construction of Vehicles. – E/ECE/TRANS/505. – 4 May 2011. – 194 p.
7. Regulation № 96. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) engines to be installed in agricultural and forestry tractors with the regard to the emissions of pollutants by the engine. Geneva, 1995. – 109 p.

## ПОИСКИ ПРОГРЕССИВНЫХ МЕТОДОВ УЛУЧШЕНИЯ УСТАНОВОК ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

М. И. Шепеленко, В. С. Осипчук

*Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет», Украина*

Научный руководитель О. В. Замицкий

Отопительные и промышленные котельные, а также тепловые электростанции выбрасывают огромное количество загрязняющих веществ являются крупнейшими загрязнителями окружающей среды. Сжигание низкокачественного топлива влечет за собой попадание в атмосферу и почву значительного количества вредных веществ. Продукты сгорания топочных устройств обладают различной токсичностью. Из всех выбросов в атмосферу энергетическими предприятиями наиболее токсичны окислы серы, окислы азота и канцерогенные вещества. Следствием этого является возникновение кислотных дождей и усиление парникового эффекта [1].

Наиболее распространенные методы усовершенствования: двухступенчатое сжигание топлива, технологическое сжигание угля в кипящем слое, плазменная деструкция дымовых газов, рециркуляция продуктов сгорания.

Двухступенчатым или двухстадийным сжиганием называется такая организация процесса горения, когда через горелки с топливом подается воздух в количестве, меньшем стехиометрического (обычно  $\alpha = 0,8-0,95$ ), а остальное необходимое по балансу количество воздуха вводится в топочную камеру далее по длине факела. Таким образом, на первом этапе горения осуществляется сжигание топлива при недостатке окислителя, а на втором – дожигание продуктов газификации при пониженных температурах. Благодаря этому в начале факела из-за пониженной концентрации кислорода уменьшается образование топливных окислов азота, а снижение температурного уровня на второй стадии уменьшает образование термических  $\text{NO}_x$  [1].

Технологическое сжигание угля в кипящем слое является промежуточным между классическим его сжиганием в топке с колосником и сжиганием угольной пыли с подачей воздуха. Если через насыпанный слой измельченного топлива снизу прогнать воздух, то давление этого слоя будет уменьшаться с возрастанием скорости воздуха. Процесс будет продолжаться до тех пор, пока при определенной величине скорости воздуха отдельные частицы топлива не поднимутся воздушным потоком и не окажутся как бы взвешенными в нем. Наконец, при дальнейшем увеличении скорости потока слой становится высокотурбулентным и начинает «кипеть», что способствует быстрому перемешиванию частиц [1], [2].

В условиях низкотемпературной плазмы реализуют такие процессы, как пиролиз углеводородного сырья с целью получения оксидов углерода, получение тугоплавких соединений нитридов, карбидов, оксидов. Разработаны технологии, обеспечивающие получение продуктов высокой чистоты, а также получения дисперсных и

ультрадисперсных порошков различных соединений [6]. Отличие такого метода от традиционных очистных технологий выражено в повышении температуры процесса, обеспечении глубокой деструкции, уменьшении объема отходящих газов и возможности размещения установок в непосредственной близости к местам образования отходов.

Рециркуляция продуктов сгорания включает в себя подвод топочных газов в зону горения, является эффективным средством снижения выброса  $\text{NO}_x$ . Уменьшение концентрации  $\text{NO}_x$  объясняется не столько низкой температурой рециркулирующих газов, сколько снижением температуры горения из-за уменьшения скоростей цепных реакций вследствие присутствия инертных газов и снижения концентраций реагирующих веществ. Большое количество современных котлов оборудовано различными схемами рециркуляции продуктов сгорания в зону горения [1].

Постановка задачи заключается в определении наиболее экономически выгодного и эффективного метода модернизации котла для снижения образования вредных веществ при сжигании топлива, а также метода минимизации количества вредных веществ в выбросах, посредством которого удастся снизить содержание токсинов и канцерогенов на 10–40 %.

Трудность реализации метода двухступенчатого сжигания топлива состоит в правильном определении места подвода воздуха второй ступени и его количества, которые для разных конструкций котельных агрегатов не одинаковы. Воздух нужно ввести так, чтобы обеспечить полное смешивание с продуктами реакции первой ступени для завершения горения. В то же время эта зона должна быть удалена от устья горелки для того, чтобы начальное выгорание у первой ступени достигло достаточной полноты. Недостаточно интенсивное смешивание во второй ступени приведет к увеличению выбросов продуктов неполного сгорания.

При правильной организации двухступенчатое сжигание позволяет на 40–50 % снизить выбросы  $\text{NO}_x$  и на 10–15 % уменьшить образование БП. Наибольшая эффективность данного способа подавления образования окислов азота достигается при совместном использовании режима с малыми избытками воздуха или режима с рециркуляцией топочных газов [2].

Требования, предъявляемые к качеству топлива при сжигании в кипящем слое, невысоки. При этой технологии можно использовать любые сорта и марки угля, в том числе забалластированные: каменные угли, бурые угли, битумные пески, сланцы, а также топлива с низкой теплотой сгорания. Переход от одного вида топлива к другому не требует реконструкции топочного устройства [5].

Задачами новейших технологий газоочистки является быстрое действие, возможность работы с газами различного состава и экономическая целесообразность их внедрения.

Метод плазменной деструкции является новейшим методом предотвращения загрязнения окружающей среды дымовыми газами. Также за последнее десятилетие использование плазменной газификации стало актуальной темой для переработки отходов в качестве энергетического комплекса, как и многих других отраслей промышленности.

Установки плазменной деструкции, как правило, включают в себя следующие составные части: плазменный горелка, три теплообменные аппараты, циркуляционный насос, парогенератор, градирня и резервуар для отработанной воды. Дымовые газы, которые образовались в парогенераторе, поступают в установку плазменной деструкции, которая связана с теплообменным аппаратом. Данный теплообменный аппарат нужен для защиты установки от тепловых нагрузок, которые могут привести к ее разрушению. Работа плазменной горелки заключается в мощном ионизирующе-

му воздействию плазменного факела на обрабатываемый газ. Плазмообразующим газом является сам обрабатываемый газ. Применение микроволновой плазмы дает возможность в замкнутом объеме плазменной установки, без доступа кислорода, добиться средних рабочих температур до 2500 °С. В результате обрабатываемый газ разогревается до 1500–1700 °С и разлагается на простые молекулы и ионы. Это позволяет достигать конверсии углерода. В качестве продукта получается синтетический газ с температурой 1150 °С при минимальных показателях концентрации диоксинов и других сложных углеводородов. Далее газ поступает в теплообменник № 2, где должен охладиться до 450 °С – это верхняя граница начала рекомбинации сложных углеводородов. Газ проходя через теплообменник, при избытке кислорода добавляется от оксида азота. Далее газ проходит в теплообменник № 3. Учитывая, что при попадании газа в температурную область 450–200 °С начинается рекомбинация сложных углеводородов и протекает она довольно быстро – начиная с 0,7 с от момента входа газа в эту область до 1,2 с происходит новообразование основного количества сложных молекул. Поэтому теплообменник № 3 настроен таким образом, чтобы за каждые 0,5 с охладить 0,14 м<sup>3</sup> газа до температуры 50 °С. То есть охлаждение происходит быстрее, чем начнется процесс рекомбинации. Поэтому в составе газа будут присутствовать в основном простые молекулы, а сложных ароматических углеводородов будет достаточно малое количество. Для этой цели в теплообменник циркуляционным насосом подается вода. После теплообменника вода подается в градирню для охлаждения, после чего поступает в резервуар для отработанной воды, а очищенный газ проходит дальше на технологические нужды [7].

Недостатками установки плазменной деструкции является высокая стоимость электродуговых электродов и их непродолжительный срок эксплуатации, а также образование продуктов температурной эрозии электрода, которые дополнительно загрязняют газ, который обрабатывается [7].

Исследования схем рециркуляции продуктов сгорания в зону горения в диапазоне от 150 до 600 °С и ввод их в различные зоны показали, что наибольший эффект снижения образования окислов азота достигается при попадании всего количества рециркулирующих газов в зону активного горения в случае полного их предварительного перемешивания с дутьевым воздухом. В этом смысле наибольшей эффективностью обладает ввод продуктов сгорания в воздухопроводы перед горелками или подача их в топку через отдельные каналы горелок [1].

Недостатком данного метода является большая стоимость рециркуляции продуктов сгорания в зону горения, поскольку необходима установка дополнительного дутьевого оборудования и газоотходов рециркуляции.

Проанализировав вышеизложенные результаты исследований, можно сделать вывод, что метод двухступенчатого сжигания топлива является самым эффективным в плане уменьшения выбросов окислов азота (до 50 % меньше выбросов) с самыми минимальными экономическими затратами. Для дальнейшего подтверждения экономичности и эффективности необходимы практические исследования.

#### Литература

1. Жуйков, А. В. Снижение оксидов азота в топках котлов / А. В. Жуйков. – М. : Энергия и технологии. – 2011. – № 4 (6). – С. 620–628.
2. Цирульников, Л. М. Охрана воздушного бассейна и пути уменьшения токсичности выбросов газомазутных котлов / Л. М. Цирульников, В. Г. Коюхов, Р. А. Кадыров. – М. : ВНИИ-Газпром, 1975. – 51 с.
3. Столпнер, Е. Б. Справочное пособие для персонала газифицированных котельных / Е. Б. Столпнер, З. Ф. Панюшева. – М. : Недра, 1990.

4. Спейтер, В. А. Обезвреживание промышленных выбросов дожиганием / В. А. Спейтер. – М. : Энергоатомиздат, 1986.
5. Калверта, С. Защита атмосферы от промышленных загрязнений / С. Калверта, Г. М. Иглунда // *Металлургия : справ. изд. : в 2 ч. ; пер. с англ. – М., 1988. – 760 с.*
6. Крапивина, С. А. Плазмохимические технологические процессы / С. А. Крапивина. – Л., 1981. – С. 168–193.
7. Neftegaz.RU/Технология очистки дымовых газов методом плазменной деструкции. – Режим доступа: <http://neftegaz.ru/science/view/784>.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ КОНДЕНСАЦИИ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ ТОРГОВЫХ ЦЕНТРОВ ДЛЯ НУЖД ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

**А. Г. Лосев**

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

Научный руководитель А. В. Шаповалов

Эффективность получения тепловой и холодильной энергии в одной установке известно давно. Но всегда проблематично найти место, где можно было бы применить подобную систему. В современных торговых центрах всегда есть отделения продовольственного магазина, у которых достаточно большое потребление холода, также в торговых центрах часто есть собственная кулинария и (или) пункты общепита, у которых достаточно большое потребление горячей воды. Использование теплоты конденсации холодильных установок для нагрева воды может приемлемо сократить затраты торгового центра на тепловую энергию.

Целью данной работы является определение оптимальных режимов работы холодильных машин при нагреве воды и определение расходов горячей воды, при которых использование теплоты конденсации для нагрева воды было бы выгодно.

Методика исследования заключается в определении разницы между потребляемой электрической энергией на привод компрессора и экономией тепловой энергии при различных расходах горячей воды на 1 кВт холодильной мощности и при различных температурах конденсации. Также был определен расход электроэнергии на привод компрессора без использования теплоты конденсации. Все расчеты приводились к 1 кВт холодильной мощности.

В расчетах были приняты следующие исходные данные:

Климатические параметры наружного воздуха – СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ (Изменение № 1 СНБ 2.04.02–2000) для г. Гомель.

- Температура конденсации при охлаждении конденсатора наружным воздухом на 15 °С выше температур наружного воздуха, но не ниже +20 °С.
- Переохлаждение при охлаждении конденсатора наружным воздухом 5 °С.
- Температура кипения среднетемпературных холодильных машин –10 °С.
- Температура кипения низкотемпературных холодильных машин –28 °С.
- Перегрев 10 °С.
- Режим работы магазина 15 ч в сутки.
- Нагрузка по холоду в нерабочее время 67 % от нагрузки в рабочее время.
- Максимальная температура воды на 5 °С ниже температуры конденсации.
- Переохлаждение при охлаждении конденсатора водой 5 °С.
- Температура холодной воды в отопительный период +5 °С, в неотапительный период +15 °С.



• За основу для расчета холодильных коэффициентов были приняты полугерметичные поршневые компрессоры «BITZER».

• Для перевода тепловой энергии в условное топливо использовался коэффициент 175 кг у. т./Гкал.

• Для перевода электрической энергии в условное топливо использовался коэффициент 1,1·313 г у. т./кВт·ч.

Годовой расход электроэнергии на привод компрессора рассчитывался по формуле

$$\Xi = \int_0^{4598} \Gamma_{B_3}(\tau) d\tau + \int_0^{4598} \Gamma_{B_1}(\tau) d\tau, \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

$$\Gamma_{B_3}(\tau) = \left[ \frac{\text{ДН}(\tau) \frac{1}{\varepsilon_t}, \text{ если остаток от деления } \frac{\tau}{24} < 24 \cdot \gamma}{\text{ДН}(\tau) \frac{1}{\varepsilon(t(\tau))} \text{ в остальных случаях}} \right];$$

$$\Gamma_{B_3}(\tau) = \left[ \frac{\text{ДН}(\tau) \frac{1}{\varepsilon_t}, \text{ если остаток от деления } \frac{\tau}{24} < 24 \cdot \gamma \frac{t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ}}^{\text{П}}}{t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ}}^{\text{З}}}}{\text{ДН}(\tau) \frac{1}{\varepsilon(t(\tau))} \text{ в остальных случаях}} \right],$$

где  $\text{ДН}(\tau)$  – функция, равная 1 в рабочее время магазина, и равная 0,67 в нерабочее;  $\varepsilon_t$  – холодильный коэффициент при соответствующей температуре конденсации при охлаждении конденсатора водой;  $t(\tau)$  – функция температуры наружного воздуха в зависимости от времени;  $\varepsilon(t)$  – функция значения холодильных коэффициентов в зависимости от температуры наружного воздуха;  $\gamma$  – отношение энергии, требуемой для нагрева суточного расхода воды к суточной энергии, выделяемой конденсатором холодильной машины.

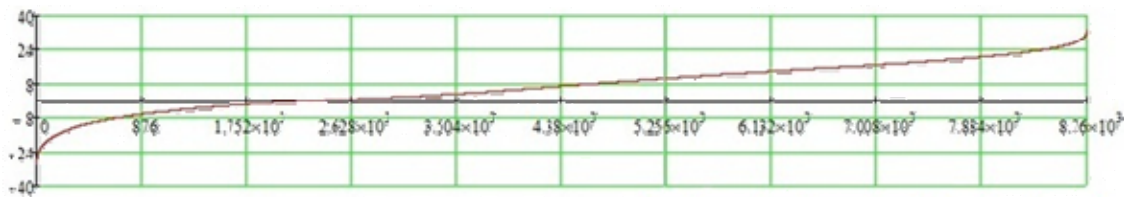


Рис. 1. График функции  $t(\tau)$



Рис. 2. График функции  $\varepsilon(t)$  (для среднетемпературной и низкотемпературной холодильной машины слева и справа соответственно)

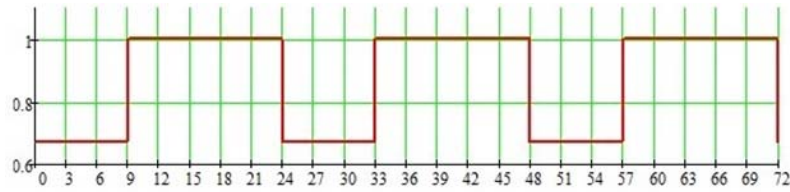


Рис. 3. График функции ДН(τ)

Годовая экономия тепловой энергии рассчитывалась по формуле

$$q_t = \frac{\varepsilon_t + 1}{\varepsilon_t} \cdot \frac{15 + 0.67 \cdot 9}{24}, \text{ кВт.}$$

$$Q = q_t \cdot 4598 + q_t \cdot 4162 \cdot \frac{t_{ГВ} - t_{ХВ}^{\text{л}}}{t_{ГВ} - t_{ХВ}^{\text{з}}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Соответствующий суточный расход горячей воды:

$$G_t = \frac{q_t \cdot 24 \cdot 3600}{4,187(t - 5)}, \frac{\text{л}}{\text{сут}} \cdot \frac{\text{кВт}}{\text{кВт}}.$$

По данным формулам были проведены расчеты при температурах конденсации (при охлаждении конденсата водой) от 25 до 60 °С и при расходе горячей воды от 0 до 1500 л/сут/кВт.

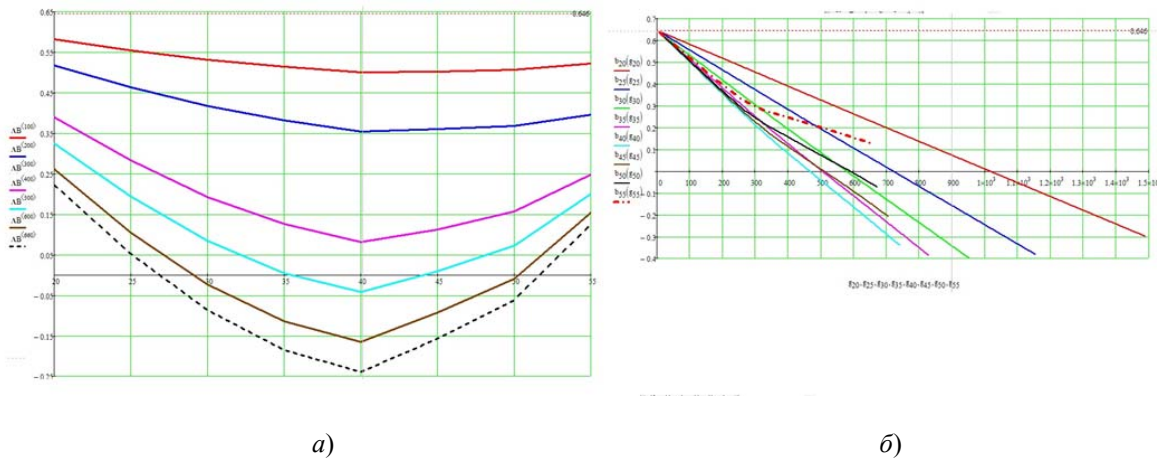


Рис. 4. Среднетемпературные холодильные машины. Зависимость разности потребленного условного топлива на привод компрессора и сэкономленного условного топлива при нагреве воды от температуры конденсации (а) и расхода (б)

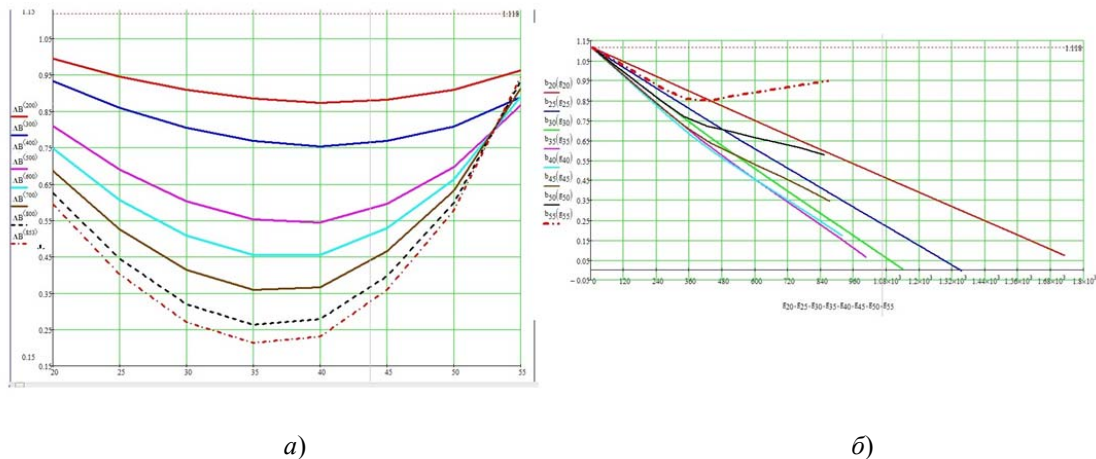


Рис. 5. Низкотемпературные холодильные машины. Зависимость разности потребленного условного топлива на привод компрессора и сэкономленного условного топлива при нагреве воды от температуры конденсации (а) и расхода (б)

### Заключение

Наилучшей температурой конденсации для среднетемпературных установок является 45 °С, для низкотемпературных 40–45 °С в зависимости от расхода. Получена зависимость разности затраченной электроэнергии и сэкономленной тепловой энергии от расхода горячей воды, благодаря чему можно установить (после анализа стоимости дополнительного оборудования), при каких расходах горячей воды имеет смысл использование теплоты конденсации для нагрева воды.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ МЕДНОГО ПРОВОДА СО СТАЛЬНЫМ СЕРДЕЧНИКОМ МЕТОДОМ АЛЮМОТЕРМИИ

В. Н. Виноградов

Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», Россия

Научные руководители: П. С. Орлов, И. М. Соцкая

Электроснабжение может осуществляться при помощи медного неизолированного провода [1]. К серьезным недостаткам медных проводов следует отнести высокую стоимость меди, ведущую к удорожанию линий электропередач.

Наиболее часто применяют сталеалюминиевые провода, предназначенные для передачи электрической энергии в воздушных электрических сетях. Сердечник сталеалюминиевых проводов скручивают из стальной оцинкованной проволоки [1]. Сталеалюминиевые провода также не лишены недостатков: цинк с течением времени окисляется и теряет свои защитные функции, а механический контакт между алюминием и стальным оцинкованным сердечником из-за наличия ветровой нагрузки приводит к механическому износу защитного покрытия стали и к коррозионным процессам в точках контакта стали с алюминием, снижению несущей способности стали сердечника и надежности электроснабжения потребителей, особенно во влажном климате.

Находят применения сталебронзовые провода марки БС, изготавливаемые из сплава БрМг 0,5. Сердечник сталебронзовых проводов также скручивают из стальной оцинкованной проволоки [2]. Неустранимые недостатки сталебронзового провода:

1) цинковое покрытие стального сердечника с течением времени окисляется и теряет свои защитные функции, а механический контакт между алюминием и стальным оцинкованным сердечником из-за наличия ветровой нагрузки приводит к механическому износу защитного покрытия стали и к коррозионным процессам в точках контакта стали с бронзовым сплавом, снижению несущей способности стали сердечника и надежности электроснабжения потребителей, особенно во влажном климате;

2) высокое электрическое сопротивление токопроводящей жилы, даже по сравнению с алюминиевой, повышает потери электрической энергии.

Цель работы – повышение надежности электроснабжения разработкой способа изготовления медного провода со стальным сердечником, позволяющего снизить потери электрической энергии и затраты на эксплуатацию сети.

Поставленная задача достигается способом изготовления медного провода со стальным сердечником, аналогичного по профилю сталебронзовому проводу, армированному стальным сердечником, причем для повышения коррозионной стойкости стальная проволока алитируется за 1–3 цикла, каждый из которых состоит из операций разогрева поверхности стали до температуры 900 °С в защитной атмосфере на глубину проникновения алюминия в сталь, погружения в ванну с расплавленным алюминием и интенсивного охлаждения до температуры 550 °С после обработки алюминиевым расплавом, находящимся под слоем расплава криолита, с последующим кратковременным погружением алитированной стальной проволоки в ванну с расплавленной медью под слоем криолита.

Стальной сердечник гарантирует высокую разрывную прочность провода; разогрев стальной проволоки осуществляется в защитной атмосфере на глубину диффузии алюминия, что препятствует образованию окислов железа на поверхности стали и позволяет получить заданную толщину диффузионного слоя; циклический разогрев поверхности стали до температуры 900 °С и последующее интенсивное ее охлаждение после обработки расплавом алюминия до температуры 550 °С обеспечивает осуществление фазовых  $\alpha\text{-Fe} - \gamma\text{-Fe}$  и  $\gamma\text{-Fe} - \alpha\text{-Fe}$  переходов в кратчайшие сроки и высокую производительность технологического процесса за счет ускоренного транспорта атомов алюминия в сталь в процессе фазового переноса за счет интенсификации диффузионных процессов; проведение от одного до трех циклов нагрева стали, обработки ее расплавом алюминия и последующее охлаждение обеспечивают необходимую концентрацию атомов алюминия в стали на заданной глубине; наличие расплава криолита на поверхности расплавленного алюминия препятствует образованию окиси алюминия на поверхности расплава и обеспечивает высокое качество процесса алитирования стали; алитированная сталь обеспечивает высокую прочность и коррозионную стойкость провода; контакт разогретой стали с расплавом алюминия обеспечивает удаление следов окислов железа с алитируемой поверхности и обеспечивает высокое качество процесса; образовавшиеся в процессе алитирования на поверхности стали интерметаллические соединения, обеспечивающие плотное сцепление алюминиевого слоя со сталью, исключают отслоение алюминия, алитированная сталь обеспечивает высокую прочность и коррозионную стойкость контактного провода; кратковременное погружение алитированной стальной проволоки в ванну с расплавом меди, находящейся под слоем криолита, обеспечивает получение на поверхности алитированной стальной проволоки слоя из алюминиевой

бронзы, прочность которой близка прочности меди; слой алюминиевой бронзы на поверхности алитированной стальной проволоки гарантирует высокую коррозионную стойкость провода и малый износ поверхностей токонесущих жил в контакте с сердечником.

При термоциклировании стали в интервале температур (550–900) °С в процессе фазовых  $\alpha\text{-Fe} \leftrightarrow \gamma\text{-Fe}$  переходов полиморфные превращения облегчают проникновение легирующих атомов в металл и обеспечивает интенсификацию процесса. Дифференциальное уравнение массопереноса атома внедрения стационарных и динамических процессов химико-термической обработки стали имеет вид:

$$\frac{\partial m}{\partial t} = -D \left( \frac{\partial c}{\partial x} + A \frac{\partial P}{\partial x} + B \frac{\partial T}{\partial x} + X \frac{\partial^2 T}{\partial x \cdot \partial t} + Y \frac{\partial V_M}{\partial x} + C \frac{\partial \Phi}{\partial x} + C \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \cdot \partial t} \right) S \cdot M,$$

где  $\partial^2 \Phi / \partial x \partial t$ ,  $\partial^2 T / \partial x \partial t$  – скорости изменения градиентов магнитного потока и температуры – слагаемые, описывающие ускоренные электромагнитный и фазовый переносы атомов легирующей примеси при полиморфных фазовых  $\alpha\text{-Fe} \leftrightarrow \gamma\text{-Fe}$  превращениях в оптимальном температурном диапазоне при термоциклировании;  $(\partial c / \partial x)$ ;  $(\partial P / \partial x)$ ;  $(\partial T / \partial x)$ ;  $(\partial \Phi / \partial x)$ ;  $(\partial V_M / \partial x)$ ;  $(\partial m / \partial t)$  – градиенты концентрации, давления, температуры, потенциала и изменения объема, описывающие соответственно собственно диффузионный массоперенос по первому закону Фика, барический перенос по межкристаллитным и внутрикристаллитным пространствам, обеспечивающий проникновение легирующих атомов в сталь, теплоперенос в соответствии с уравнением Фика–Нернста, электроперенос по Фромму и Гебхарту и вакансионный перенос по Мечеву;  $D$  – коэффициент диффузии водорода в металле;  $M$  – вес грамм-молекулы диффундирующего вещества;  $A, B, C, Y, X$  – интегральные коэффициенты.

Коэффициент диффузии легирующей примеси при термоциклировании определяют уже не ограничения, накладываемые на диффузионные процессы в твердом металле, а скорость распространения волны псевдожидкого фазового превращения в объеме стали, зависящего от скорости изменения градиента магнитного потока и температуры, описывающих ускоренные электромагнитный и фазовый переносы атомов легирующей примеси при полиморфных фазовых  $\alpha\text{-Fe} \leftrightarrow \gamma\text{-Fe}$  превращениях в оптимальном температурном диапазоне при термоциклировании.

Ускоренный транспорт легирующей примеси в металл облегчается тем, что при фазовом переходе ограниченные объемы поверхности стали находятся в псевдожидком состоянии и при смене типа решетки переносят адсорбированную примесь в объем стали. При нагреве до температур выше 800 °С (выше линии GOSE диаграммы железо–углерод) заканчивается фазовый переход  $\alpha\text{-Fe} - \gamma\text{-Fe}$  и входные сечения в межкристаллитные, межблочные и межфрагментарные полости увеличиваются, облегчая проникновение в них расплава лигатуры и транспорт ее в металл и в металле.

При «кристаллизации» псевдорасплава в первую очередь «кристаллизуется» железо, а примесь переносится псевдожидким железом вглубь детали, как при зонной плавке. Процесс полиморфного превращения облегчает проникновение легирующих атомов в псевдожидкий металл и обеспечивает интенсификацию процесса.

Фазовые превращения происходят не мгновенно по всему объему, а постепенно (в зависимости от степени перегрева или переохлаждения стали). Псевдожидкая волна полиморфного фазового превращения и при нагревании (выше линии GOSE) и при ох-

лаждении (ниже линии PS) перемещается с конечной скоростью с поверхности детали от источника нагрева (или от холодильника при охлаждении) к его сердцевине. Используя *L*-образную диаграмму образования аустенита при нагреве и *C*-образную диаграмму изотермического превращения переохлажденного аустенита, определяют время выдержки алитированных деталей для получения заданной толщины диффузионного слоя.

Использование предлагаемой технологии получения биметаллических конструкций алюминий–сталь с диффузионной связью, образованной за счет металлотермии, обладающей низким переходным электрическим сопротивлением и высокой прочностью сцепления стали с алюминием, обеспечивает монолитность конструкции. Диффузионный слой стабилизирует электрический контакт между алюминием и стальной поверхностью, снижая электрическое сопротивление последнего. Все это позволяет повысить рабочие характеристики биметаллических соединений.

В соответствии с вышеизложенным была разработана и опробована в лабораторных условиях методика насыщения стали алюминием импульсным методом [3]. Стальные образцы из низкоуглеродистой стали в герметичных контейнерах с расплавленным алюминием подвергались импульсному воздействию электромагнитного поля. Верхний предел температурного интервала 900 °С, нижний – 550 °С. Выдержка при экстремальных температурах составляла не менее 5 мин. Варьировалась длительность и количество циклов. Полное время обработки при любом из опытов не превышало полутора часов. Проникновение Al в сталь осуществлено по всему сечению образца в течение 7 циклов.

При числе циклов не более трех получено алюминиевое покрытие стальной жилы с высокой взаимной адгезией алюминия и стали [4].

Обработка алитированных стальных образцов в расплаве меди позволила получить тонкий слой алюминиевой бронзы на алитированной поверхности стали.

Проведенные эксперименты подтверждают возможность получения медного провода со стальным сердечником.

#### Литература

1. Белоруссов, Н. И. Электрические кабели провода и шнуры / Н. И. Белоруссов, А. Е. Саакян, А. И. Яковлева. – М. : Энергия, 1979. – С. 30–33.
2. Белоруссов, Н. И. Электрические кабели и провода / Н. И. Белоруссов. – М. : Энергия, 1971. – С. 312.
3. Способ легирования стали алюминием : пат. РФ № 2431696 / П. С. Орлов.
4. Провод сталеалюминиевый : пат. РФ № 2490740 / П. С. Орлов, Е. В. Соцкая.

### ОГРАНИЧЕНИЯ, НАКЛАДЫВАЕМЫЕ НА ТЕПЛОГЕНЕРАТОР КОНСТРУКЦИЕЙ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПЕЧИ

**Р. Д. Адакин**

*Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Ярославская государственная  
сельскохозяйственная академия», Россия*

Научный руководитель О. Г. Несиоловский

Фермерские индивидуальные хозяйства и другие предприятия, занимающиеся выпечкой хлеба, чаще всего используют для этих целей ротационные хлебопекарно-кондитерские печи, которые могут работать от различных источников теплоты (рис. 1). При выборе источника надо учитывать как стоимость этого источника, так и эксплуатационные затраты, связанные с ним. По этим причинам чаще всего используется для на-

грева печей электрическая энергия в виде теплоэлектронагревателей (ТЭНов) или природный газ, сжигаемый в газовых горелках (в ряде случаев можно использовать сжиженный или биогаз).

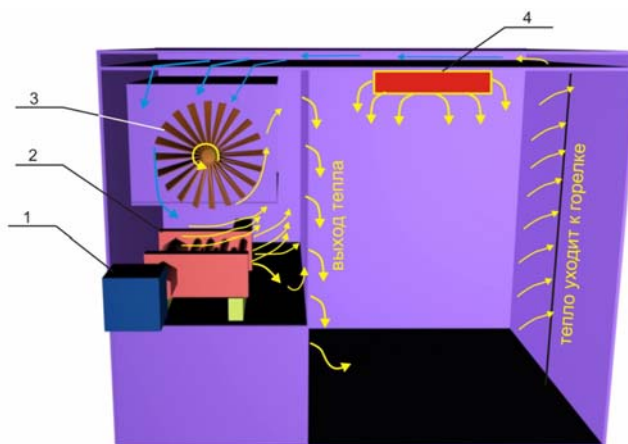


Рис. 1. Принципиальное устройство теплообменного тракта хлебобулочной-кондитерской печи:  
1 – горелка; 2 – теплогенератор; 3 – вентилятор;  
4 – аккумулятор теплоты (чугунные блоки)

Довольно часто бывает целесообразно использовать жидкое топливо – например, когда электрическая энергия вырабатывается автономными дизельными электростанциями и сжигание топлива напрямую в печи оказывается экономически оправданным. При использовании жидкого топлива, а часто и газообразного, приходится применять непрямой нагрев воздуха, циркулирующего в печи, так как продукты сгорания нефтяных и ряда других топлив не должны вступать в контакт с выпечкой. Непрямой нагрев воздуха осуществляется с помощью теплогенератора, объединяющего в себе камеру сгорания и теплообменник (рис. 2).

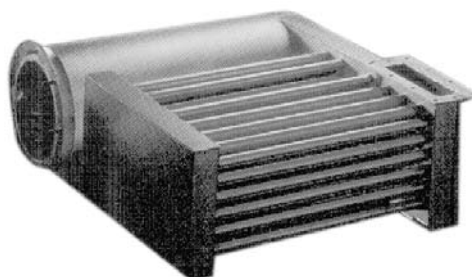


Рис. 2. Внешний вид теплогенератора

Универсальность печи по виду используемого топлива хороша тем, что позволяет гибко реагировать на изменение цен теплоносителей и переходить на более дешевый теплоноситель с минимальными затратами. Меньше всего проблем возникает при переходе с жидкого топлива на газообразное и наоборот, так как для газообразного и жидкого топлива можно использовать один и тот же теплогенератор. Переход с одного топлива на другое облегчается еще и тем, что производится значительное количество горелок, перенастраиваемых на различные виды топлива.

Более сложным случаем представляется переход с электронагрева печи на сжигание любого углеводородного топлива, потому что в этом случае, как уже отмечалось выше, требуется установка теплогенератора вместо ТЭНов.

Как правило, печи изначально проектируются под нагрев ТЭНами, а установка теплогенераторов является дополнительной опцией (хотя в большинстве случаев возможность установки теплогенераторов предусматривают еще на стадии проектирования печи). Такой подход создает дополнительные трудности при разработке теплогенераторов. Дело в том, что для размещения ТЭНов внутри печи проектируется специальная камера, в которой происходит нагрев циркулирующего воздуха. Габариты этой камеры изменять для установки теплогенератора нежелательно из-за ее плотной компоновки внутри печи и значительного удорожания и усложнения конструкции. Конструкция теплогенератора, устанавливаемого в такую печь, должна соответствовать ряду требований, которые рассматривались авторами в различных публикациях [1], [2]. Кратко эти требования можно выразить в следующих пунктах:

1. Габариты теплогенератора должны соответствовать габаритам камеры для установки ТЭНов, это достигается главным образом за счет объединения камеры сгорания и теплообменника в единый агрегат.

2. Теплогенератор должен иметь максимальный коэффициент полезного действия (КПД) для данных условий работы. Как правило верхний предел значения КПД в случае хлебопечения ограничен температурным режимом внутри камеры выпечки (220–240 °С), так как понизить температуру топочных газов ниже этих значений нельзя. Суммарный КПД теплогенератора можно повысить за счет утилизации теплоты топочных газов для вспомогательных целей.

3. Теплогенератор должен иметь максимально низкую цену как конкурентное преимущество. Этого можно достичь за счет подбора материалов оптимальных по стоимости, так как для более нагретых частей требуются более термостойкие, а, следовательно, и более дорогие материалы. Менее нагретые части можно изготовить из менее термостойких и сравнительно недорогих материалов. Снижению стоимости может способствовать и оптимальный выбор технологий изготовления. Этому же может способствовать создание унифицированного ряда теплогенераторов, в том случае, если предприятие выпускает несколько печей разной производительности или производит теплогенераторы для внешних потребителей. Определенные резервы по снижению цены имеются и в совершенствовании конструкции теплогенератора (например, расположение теплообменных трубок в шахматном порядке вместо рядного, обработка поверхности с целью интенсификации теплообмена и т. д.).

Определенный интерес представляют процессы, связанные с передачей теплоты от топочных газов к воздуху, циркулирующему внутри печи. Порядок протекания этих процессов видится следующим образом:

1. Топочные газы, образующиеся при сжигании топлива в камере сгорания теплогенератора, нагревают материал самой камеры, а также материал теплообменной части, как за счет излучения горячих газов, так и за счет их конвекции.

2. Поверхность нагретого материала из-за высокой температуры (300–800 °С) передает теплоту в основном за счет излучения, а частично конвекцией;

3. Излучение с поверхности теплогенератора лишь частично идет на нагрев циркулирующего воздуха, так как в нем имеется незначительное содержание трех атомных газов, подверженных нагреву излучением (водяной пар, двуокись углерода), двухатомные газы (азот и кислород), из которых в основном и состоит воздух, практически прозрачны для теплового излучения;



4. Основная часть теплового излучения от теплогенератора падает на стенки камеры, в которой он расположен, а стенки, в свою очередь, за счет конвекции отдают теплоту циркулирующему воздуху.

Описание передачи теплоты от топочных газов к циркулирующему воздуху носит гипотетический характер, так как специальные исследования по этому вопросу не проводились, с одной стороны, из-за их сложности и трудоемкости, а с другой стороны, из-за незначительного влияния на конечный результат, так как печь хорошо теплоизолирована и теплота в конечном итоге все равно идет на нагрев циркулирующего воздуха.

#### **Заключение**

При разработке теплогенератора надо учитывать особенности конструкции печи, на которой он будет устанавливаться и в первую очередь это касается камеры нагрева воздуха. Важно также учитывать возможность установки теплогенератора в печи на стадии ее проектирования.

#### **Литература**

1. Несиоловский, О. Г. Особенности проектирования теплогенерирующих устройств для хлебопекарнокондитерских печей малой мощности / О. Г. Несиоловский, Р. Д. Адакин // Сб. науч. тр. – Ярославль : ЯГСХА, 2005.
2. Адакин, Р. Д. Теплогенераторы малой мощности / Р. Д. Адакин, О. Г. Несиоловский // Сел. механизатор. – 2012. – № 8. – С. 28–29.

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КАБЕЛЕЙ ПРИ ПИТАНИИ НЕЛИНЕЙНЫХ НАГРУЗОК**

**А. В. Засименко**

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

Научные руководители: Ю. А. Рудченко, Т. В. Алферова

Несинусоидальность напряжений и токов оказывает негативное влияние на работу электрооборудования, сокращая срок его службы, приводит к увеличению потерь напряжения и мощности в сети, уменьшению ее пропускной способности [1].

Разработанная математическая модель, описывающая влияние высших гармоник тока, создаваемых работой нелинейных электроприемников на работу кабельных линий, реализуется следующим образом.

Активное сопротивление токопроводящей жилы по теореме Умова–Поинтинга:

$$R_{\text{ж}} = \frac{\sqrt{\omega\gamma\mu} \cdot b_0}{2\pi\gamma r b_1} \cos\left(\beta_0 - \beta_1 - \frac{\pi}{4}\right),$$

где  $\omega$  – угловая частота электрического тока,  $\text{с}^{-1}$ ;  $b_0$  – модуль функции Бесселя нулевого порядка первого рода;  $b_1$  – модуль функции Бесселя первого порядка первого рода;  $\beta_0$  – аргумент функции Бесселя нулевого порядка первого рода;  $\beta_1$  – аргумент функции Бесселя первого порядка первого рода;  $\gamma$  – удельная проводимость токопроводящей жилы (для алюминиевой жилы  $\gamma = 37 \cdot 10^6 \text{ См/м}$ );  $\mu$  – магнитная проницаемость (для алюминиевой жилы  $\mu = 1,256629 \cdot 10^{-6}$ ).

При протекании несинусоидального тока по фазным жилам выделяется тепло, которое можно рассчитать по формуле

$$R_{\Sigma}^{\text{фазн}} = I_1^2 R_1 + \sum_{n=3}^{21} I_n^2 \cdot R_n,$$

где  $I_1, I_n$  – токи основной частоты и высшей гармоники, А;  $R_1$  и  $R_n$  – активное сопротивление на основной частоте и высших гармониках тока, Ом.

В нулевом проводнике при питании нелинейной симметричной нагрузки протекают токи высших гармоник, кратные трем. При этом выделяется тепло, мощность источника которого равна

$$R_{\Sigma}^0 = \sum_{n=3,9,\dots}^{21} (3I_n)^2 \cdot R_n,$$

где  $I_n$  – значение фазного тока, создаваемого гармониками, кратными трем.

Общие потери активной мощности определяем по формуле

$$P_{\text{сум}} = 3P_{\Sigma}^{\text{фаз}} + P_{\Sigma}^0.$$

Температура изоляции жилы для четырехжильного кабеля будет равна

$$\tau_{\text{ж}} = P_{\text{ж}} T_1 + 3P_{\text{ж}} (T_2 + T_3 + T_4) + \tau_{\text{окр.ср}},$$

где  $P_{\text{ж}}$  – потери мощности в жиле кабеля, Вт;  $T_1$  – тепловое сопротивление между жилой и оболочкой кабеля;  $T_2$  – тепловое сопротивление между оболочкой и броней;  $T_3$  – тепловое сопротивление наружного защитного покрытия;  $T_4$  – тепловое сопротивление окружающей среды;  $\tau_{\text{окр.ср}}$  – температура окружающей среды, °С.

Параметры  $T_1, T_2, T_3, T_4$  определяются согласно методике, изложенной в ГОСТ Р МЭК 60287-2-1–2009.

Снижение срока службы ( $V_{\text{нс}}$ ) по условию теплового износа изоляции описывается экспоненциальным уравнением Аррениуса. Оно определяет снижение нормативного срока службы оборудования ( $V_{\text{ном}}$ ) при достижении определенной энергии активации и зависящей от температуры.

$$V_{\text{нс}} = V_{\text{ном}} \exp\left(-K_a \left(\frac{1}{\theta_{\text{ном}}} - \frac{1}{\theta_{\text{нс}}}\right)\right),$$

где  $\theta_{\text{ном}}$  – температура изоляции в номинальном режиме, К;  $\theta_{\text{нс}}$  – температура изоляции при наличии высших гармоник, К;  $K_a$  – коэффициент, пропорциональный энергии активации, К.

Допустимый ток в кабеле при несинусоидальной нагрузке определяются методом последовательных приближений. Подбор значений токов при известном спектре высших гармоник осуществляется до тех пор, пока температура изоляции жилы кабеля не будет равна длительному допустимому значению температуры для данного вида кабеля.

Для автоматизации расчетов эксплуатационных характеристик кабелей при питании нелинейных нагрузок была разработана компьютерная программа «Hz cable», которая позволяет производить расчет четырехжильных силовых кабелей до 1 кВ.

Данная программа предназначена для решения следующих задач:

- 1) расчета потерь мощности в фазных жилах кабеля с учетом синусоидальной и несинусоидальной нагрузки;
- 2) расчета потерь мощности в нулевой жиле кабеля с учетом синусоидальной и несинусоидальной нагрузки;
- 3) расчета суммарных потерь мощности в кабельной линии с учетом синусоидальной и несинусоидальной нагрузки;
- 4) расчета температуры нагрева кабеля с учетом несинусоидальной нагрузки;
- 5) расчета допустимого тока кабеля с учетом нелинейной нагрузки;
- 6) срок службы кабеля в несинусоидальном режиме.

Программа написана на языке Delphi.

Внешний вид окна программы Alfa представлен на рис. 1.

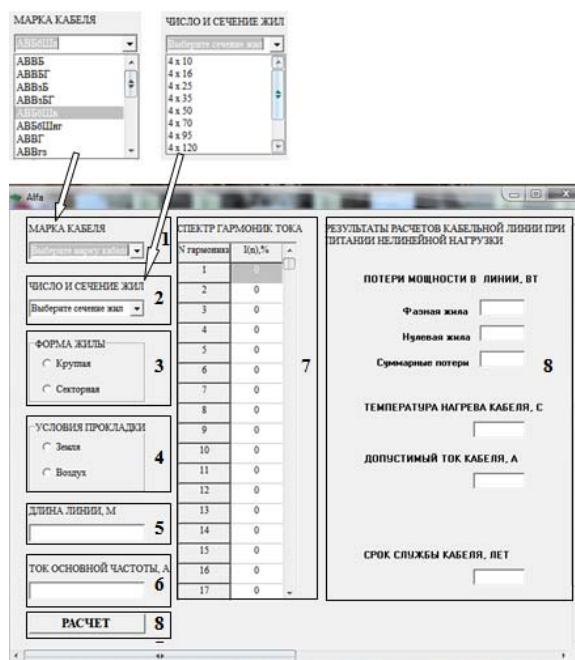


Рис. 1. Главное окно программы Alfa

Программа имеет простой и интуитивно понятный интерфейс, что позволяет затрачивать минимум времени при вводе исходных данных.

В качестве исходных данных пользователю предлагается выбрать:

- 1) поле 1 – марка кабеля:

АВВБ	АВВГз	ВВзБ
АВВБГ	АВВГзнг	ВВБГ
АВВзБ	АВВнг	ВВГ
АВВзБГ	АВВнг	ВВГз
АВББШв	АСБ	ВВГзнг
АВББШнг	ВВБ	ВВГнг
АВВГ	ВВБГ	

- 2) поле 2 – число и сечение жил кабеля:
- |                             |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| $4 \times 10 \text{ мм}^2$  | $4 \times 25 \text{ мм}^2$  | $4 \times 50 \text{ мм}^2$  |
| $4 \times 16 \text{ мм}^2$  | $4 \times 35 \text{ мм}^2$  | $4 \times 70 \text{ мм}^2$  |
| $4 \times 95 \text{ мм}^2$  | $4 \times 150 \text{ мм}^2$ | $4 \times 240 \text{ мм}^2$ |
| $4 \times 120 \text{ мм}^2$ | $4 \times 185 \text{ мм}^2$ |                             |
- 3) поле 3 – форма жилы: круглая; секторная;  
 4) поле 4 – условия прокладки кабеля:  
 земля ( $t_{\text{окр. среды}} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ );  
 воздух ( $t_{\text{окр. среды}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ );  
 5) поле 5 – длина кабельной линии в метрах;  
 6) поле 6 – ток основной частоты в амперах;  
 7) поле 7 – спектр гармоник тока в процентах.

После нажатия кнопки «Расчет» программа производит расчеты по вышеприведенному алгоритму. Результаты расчетов выводятся в блок 8 окна программы Alfa.

В дальнейшем программа Alfa будет совершенствоваться. Планируются следующие изменения:

- 1) будет увеличена база данных марок кабелей;
- 2) появится возможность расчета четырехжильных кабелей с неодинаковыми сечениями фазных и нулевой жил;
- 3) будет реализован алгоритм расчета потерь в жилах кабеля в случае, когда по фазным проводникам протекает ток различного спектрального состава;
- 4) появится возможность корректировки геометрических параметров исследуемых кабелей.

## **ВЛИЯНИЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ПОТЕРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

**С. Л. Прусаков**

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

Научные руководители: Т. В. Алферова, А. А. Алферов

Несинусоидальность напряжения и тока обуславливает дополнительные потери и нагрев, а также ускоренное старение изоляции электрооборудования и, кроме того, отрицательно сказывается на функционировании различных видов электрооборудования. Электромагнитная составляющая ущерба, обусловленная дополнительными потерями, как правило, невелика. Специфическое воздействие на различные виды электрооборудования, системы релейной защиты, автоматики, телемеханики и связи проявляется дифференцированно и зависит от амплитудного спектра напряжения (тока), параметров электрических сетей и других факторов. Таким образом, в общем случае отсутствует зависимость между энергией гармонической помехи и степенью воздействия ее на электрическую сеть. Это обстоятельство, по-видимому, обусловило широкое применение показателя, характеризующего искажение кривой напряжения сети, называемого коэффициентом несинусоидальности напряжения и определяемого отношением действующего значения напряжения высших гармоник к номинальному, или (чаще) первой гармонике напряжения. По этой же причине в различных странах существуют часто значительно отличающиеся друг от друга стандарты (нормы, указания, положения и т. п.), в которых, однако, просматривается тенденция в той или иной мере ограничить несинусоидальность в узлах подключе-

ния источников высших гармоник и проникновение их в сети других напряжений. При этом количественные характеристики допустимых значений высших гармоник или мощностей источников определяются главным образом на основании экспертных оценок, с учетом особенностей электрических сетей, линейных и нелинейных нагрузок, преобладающих в данной стране. Строгое обоснование этих характеристик не представляется возможным в силу значительного влияния фактора неопределенности: амперно-частотных характеристик (АЧХ) сопротивлений узлов нагрузок и электрических систем, изменяющихся значений нелинейных нагрузок и др. [1].

Нормы на показатели качества электроэнергии устанавливаются действующим ГОСТ [2]. Он устанавливает показатели и нормы качества электрической энергии (КЭЭ) в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети, находящиеся в собственности различных потребителей электрической энергии, или приемники электрической энергии (точки общего присоединения).

Нормы КЭЭ, установленные стандартом, являются уровнями электромагнитной совместимости для электромагнитных помех в системах электроснабжения общего назначения. При соблюдении установленных норм КЭЭ обеспечивается электромагнитная совместимость электрических сетей организаций и электрических сетей потребителей электрической энергии. По показателям, регламентируемым данным стандартом, электрическая энергия подлежит обязательной сертификации.

Стандартом устанавливаются следующие показатели качества электроэнергии (ПКЭЭ): установившееся отклонение напряжения; размах изменения напряжения; доза фликера; коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения; коэффициент  $n$ -й гармонической составляющей напряжения; коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности; коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности; отклонение частоты; длительность провала напряжения; импульсное напряжение; коэффициент временного перенапряжения.

ГОСТ устанавливает два вида норм качества электроэнергии: нормально допустимые и предельно допустимые. Оценка соответствия показателей КЭЭ указанным нормам проводится в течение расчетного периода, равного 24 ч.

ГОСТ нормирует интересующие нас показатели:

– значения отклонения напряжения, нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения  $\delta U_y$  на выводах приемников электрической энергии равны соответственно  $\pm 5$  и  $\pm 10$  % от номинального напряжения электрической сети;

– коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения  $KUi$  (табл. 1) и коэффициент  $n$ -й гармонической составляющей напряжения  $KU(n)i$  (табл. 2).

Таблица 1

### Значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения, %

Нормально допустимое значение $KUi$ при $U_{ном}$ , кВ				Предельно допустимое значение $KUi$ при $U_{ном}$ , кВ			
0,38	6–20	35	110–330	0,38	6–20	35	110–330
8,0	5,0	4,0	2,0	12,0	8,0	6,0	3,0

Значения коэффициента  $n$ -й гармонической составляющей напряжения, %

Нечетные гармоники, не кратные 3, при $U_{ном}$ , кВ					Нечетные гармоники, кратные 3**, при $U_{ном}$ , кВ					Четные гармоники при $U_{ном}$ , кВ				
$n^*$	0,38	6–20	35	110–330	$n^*$	0,38	6–20	35	110–330	$n^*$	0,38	6–20	35	110–330
5	6,0	4,0	3,0	1,5	3	5,0	3,0	3,0	1,5	2	2,0	1,5	1,0	0,5
7	5,0	3,0	2,5	1,0	9	1,5	1,0	1,0	0,4	4	1,0	0,7	0,5	0,3
11	3,5	2,0	2,0	1,0	15	0,3	0,3	0,3	0,2	6	0,5	0,3	0,3	0,2
13	3,0	2,0	1,5	0,7	21	0,2	0,2	0,2	0,2	8	0,5	0,3	0,3	0,2
17	2,0	1,5	1,0	0,5	>21	0,2	0,2	0,2	0,2	10	0,5	0,3	0,3	0,2
19	1,5	1,0	1,0	0,4	–	–	–	–	–	12	0,2	0,2	0,2	0,2
23	1,5	1,0	1,0	0,4	–	–	–	–	–	>12	0,2	0,2	0,2	0,2
25	1,5	1,0	1,0	0,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечания:  $n^*$  – номер гармонической составляющей напряжения.

\*\* Нормально допустимые значения, приведенные для  $n$ , равных 3 и 9, относятся к однофазным электрическим сетям. В трехфазных трехпроводных электрических сетях эти значения принимают вдвое меньшими приведенных в табл. 2.

Предельно допустимое значение коэффициента  $n$ -й гармонической составляющей напряжения вычисляют по формуле

$$KU(n) = 1,5 KU(n)_{норм},$$

где  $KU(n)_{норм}$  – нормально допустимое значение коэффициента  $n$ -й гармонической составляющей напряжения, определяемое по табл. 2.

Всякое ухудшение качества электроэнергии влечет за собой ее перерасход. Такое положение справедливо и для тех случаев, когда это ухудшение лежит в пределах нормы и соответствует ГОСТ [2]. При перерасчетах, связанных с проектированием и эксплуатацией СЭС, не учитывают потери, возникающие в устройствах, применяемых для поддержания напряжения на допустимом уровне.

Проблема несинусоидальности – проблема высших гармоник возникла в последнее время в связи с применением мощных электроприемников с нелинейной вольт-амперной характеристикой, таких, как электросварка, дуговые сталеплавильные печи, неуправляемые и, особенно, управляемые вентильные преобразователи. В настоящее время проблема высших гармоник является одной из важных частей общей проблемы электромагнитной совместимости приемников электроэнергии с питающей электрической сетью.

Несинусоидальный ток в сопротивлениях питающей сети создает несинусоидальные падения напряжения так, что даже при синусоидальной ЭДС источника энергии в сети с выпрямительной нагрузкой имеют место несинусоидальные токи и напряжения. Таким образом, нагрузка потребляет из питающей сети искаженный ток, в состав которого входят гармоники, с частотами, превышающими основную частоту. Падения напряжения, обусловленные этими токами, вызывают искажение кривой напряжения питания, что ведет к дополнительным потерям передаваемой мощности, может нарушить работу других приемников, создает опасность возник-

новения резонанса и перегрузку цепей, содержащих емкости. Поэтому выпрямительную нагрузку можно рассматривать как генератор высших гармонических напряжений.

Высшие гармоники оказывают отрицательное влияние на технологический процесс и режим работы электролизеров. Наличие пульсирующего напряжения с большим содержанием высших гармоник способствует увеличению обратимых восстановительных процессов в электролите, влияет на подвижность ионов, перенос заряда и, следовательно, приводит к снижению коэффициента полезного действия электролизных установок, ухудшению качества продукции.

При прохождении токов высших гармоник по элементам системы электроснабжения возникают дополнительные потери активной мощности и электроэнергии. Наибольшие дополнительные потери активной мощности имеют место в трансформаторах, двигателях и генераторах. В ряде случаев эти потери могут привести к недопустимому перегреву обмоток электрических машин и во всех случаях приводят к дополнительным потерям электрической энергии.

При наличии гармоник в кривой напряжения процесс старения изоляции протекает более интенсивно, что объясняется ускорением при высоких частотах электрического поля физико-химических процессов в диэлектриках, обуславливающих их старение.

Высшие гармоники тока и напряжения влияют на погрешности электроизмерительных приборов. В практике эксплуатации существенное значение имеет увеличение погрешностей индукционных счетчиков активной и реактивной энергии. Значения этих погрешностей существенно отражаются при учете потребления электрической энергии.

Наличие высших гармоник затрудняет и в ряде случаев делает невозможным использование силовых цепей в качестве каналов для передачи информации. Высшие гармоники ухудшают работу телемеханических устройств, вызывают сбои в их работе, если силовые цепи используются в качестве каналов связи.

Ограничение несинусоидальности напряжения с наибольшей эффективностью может быть достигнуто на стадии проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий, но требует дополнительных затрат. Поэтому такое ограничение является технико-экономической проблемой, которую нельзя решать в отрыве от задачи компенсации реактивной мощности [3].

Таким образом, поддержание у всех электроустановок оптимальных качественных показателей электрической энергии обеспечит минимальное потребление электрической энергии данными электроустановками.

#### Л и т е р а т у р а

1. Степанов, В. М. Влияние высших гармоник в системах электроснабжения предприятия на потери электрической энергии / В. М. Степанов, И. М. Базыль // Изв. Тул. гос. ун-та. – 2013. – № 2 (12). – С. 27–31.
2. ГОСТ 13109–97. Межгосударственный стандарт: электрическая энергия, совместимость технических средств электромагнитная, нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
3. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий / И. В. Жежеленко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.

## СТЕПЕНЬ ИСКАЖЕНИЯ ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ РАЗЛИЧНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ

О. А. Алферова

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

Научные руководители: О. Г. Широков, А. А. Алферов

В настоящее время наряду с интенсивным развитием механизированной и автоматической сварки ручная дуговая сварка по-прежнему остается востребованной и широко применяемой в серийном производстве, при ремонтных работах, в отдельных частях технологических процессов [1]. Ручная дуговая сварка покрытыми электродами позволяет осуществлять одно- и многопроходную сварку конструкций с различной конфигурацией швов во всех пространственных положениях, а также швов, расположенных в труднодоступных местах. Важным при таком способе сварки является также возможность легирования металла швов как через химический состав покрытия электродов, так и через металл электродных стержней.

Это способствует интенсивному развитию источников питания для ручной дуговой сварки, в особенности транзисторных инверторных источников питания сварочной дуги. При этом доля традиционных сварочных источников питания, выполненных на базе сварочных трансформаторов, уменьшается.

Инверторные источники питания сварочной дуги обладают малыми габаритами и массой, обеспечивают высокое качество сварных соединений, позволяют формировать необходимую вольтамперную характеристику, потребляют небольшую мощность, но остаются по-прежнему достаточно дорогими, ненадежными в эксплуатации и требуют наличия сервисных центров с высококвалифицированным персоналом. Кроме того, сварочные инверторы создают радиопомехи, генерируют в сеть наиболее широкий спектр гармонических составляющих тока и существенно искажают синусоидальную кривую тока и напряжения. Это свидетельствует об их плохой электромагнитной совместимости.

Трансформаторные сварочные источники питания имеют большую массу, но на порядок дешевле инверторных источников питания, надежны и неприхотливы в эксплуатации. К тому же не исчерпаны все возможности их совершенствования с целью улучшения их технических, эксплуатационных и экономических показателей.

В [2] было проведено исследование следующих сварочных источников питания, питающихся от однофазной сети переменного тока частотой 50 Гц:

– инверторный источник питания ВДИ-L-200, предназначенный для ручной дуговой сварки низкоуглеродистых сталей, многих цветных металлов любыми видами электродов;

– сварочный трансформатор с развитыми поперечными магнитными потоками рассеяния и магнитным шунтом СТШ-250, для ручной дуговой сварки штучными электродами переменного и постоянного тока;

– сварочный источник питания с конденсаторным множителем напряжения ВДУ-125-У3.

Для инверторного источника питания ВДИ-L-200 была получена диаграмма гармонических составляющих тока и напряжения, приведенная на рис. 1.



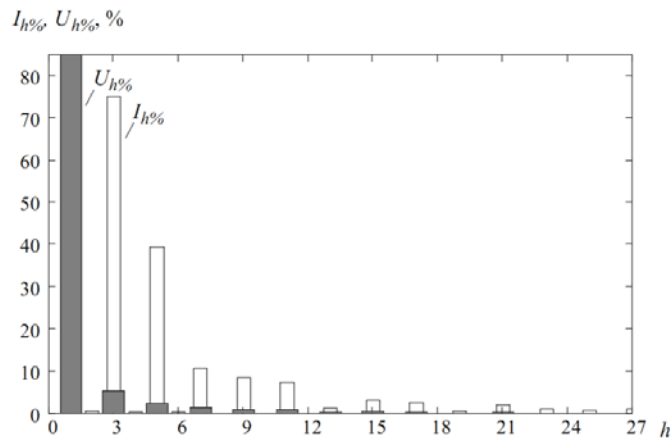


Рис. 1. Гармонический состав тока и напряжения однофазного инверторного источника питания ВДИ-L-200

Из анализа рис. 1 следует, что в питающей сети источника выражены практически все нечетные гармоники тока, в частности 3-я гармоника тока, составляющая 75,1 % от 1-й гармоники, 5-я – 39,5 %, 7-я 10,5 %, 9-я – 8,3 %, 11-я – 7,4 %. Нечетные гармоники напряжения, превосходящие 1 %: 3-я – 5,2 %, 5-я – 2,2 %, 7-я – 1,4 %. Коэффициенты нелинейных искажений тока и напряжения данного источника питания равны:  $\text{THD}_i = 86,4 \%$ ,  $\text{THD}_U = 5,9 \%$ .

Для однофазного сварочного трансформатора СТШ-250 со стабилизатором горения сварочной дуги диаграмма гармонических составляющих тока и напряжения приведена на рис. 2.

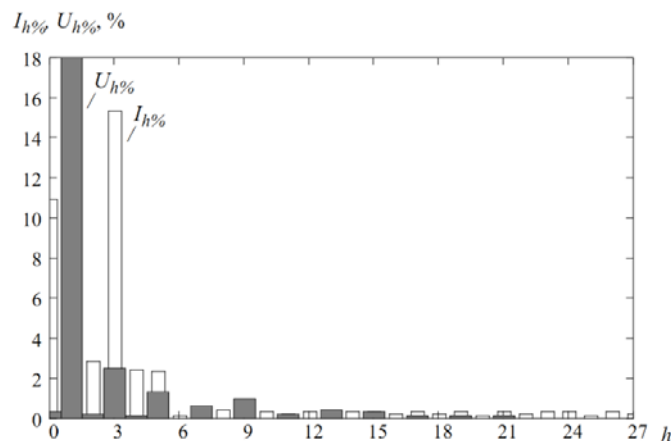


Рис. 2. Гармонический состав тока и напряжения для сварочного трансформатора СТШ-250

Из анализа рис. 2 следует, что в питающей сети при работе сварочного трансформатора выражены 3-я гармоника тока, составляющая 15,3 % от первой гармоники, и 5-я – 2,3 %, остальные нечетные гармоники тока не превосходят 1 %. Нечетные номера гармоник напряжения имеют значения: 3-я – 2,5 %, 5-я – 1,3 %, 9-я – 1 %. Коэффициенты нелинейных искажений тока и напряжения данного источника питания равны:  $\text{THD}_i = 15,9 \%$ ,  $\text{THD}_U = 3,1 \%$ .

Для однофазного сварочного источника питания с конденсаторным множителем напряжения ВДУ-125-У3 диаграмма гармонических составляющих тока и напряжения приведена на рис. 3.

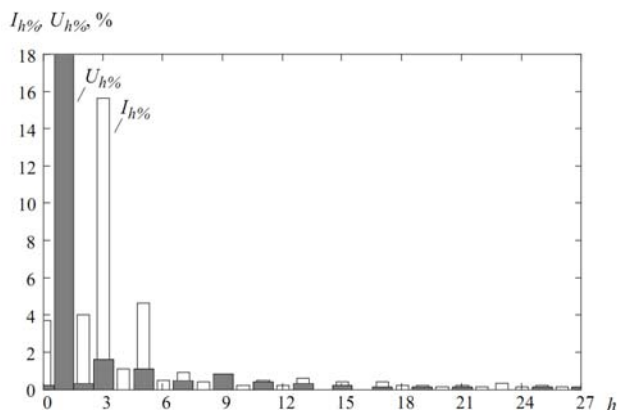


Рис. 3. Гармонический состав тока и напряжения для сварочного трансформатора ВДУ-125-У3

Из анализа рис. 3 следует, что в питающей сети при работе сварочного трансформатора выражены 3-я гармоника тока, составляющая 15,6 % от первой гармоники, и 5-я – 4,6 %, остальные нечетные гармоники тока не превосходят 1 %. Нечетные номера гармоник напряжения, превосходящие 1%, имеют значения: 3-я – 1,6 %, 5-я – 1,1 %. Коэффициенты нелинейных искажений тока и напряжения данного источника питания равны:  $\text{THD}_i = 16,9 \%$ ,  $\text{THD}_U = 2,2 \%$ .

Таким образом, наибольший вклад в искажение питающего напряжения вносят инверторные источники питания ВДИ-L-200.

Трансформаторные источники питания сварочной дуги имеют повышенную массу, но обладают многими положительными свойствами и по праву занимают свое место на рынке сварочного оборудования. Поэтому такие источники питания как инверторные необходимо и в дальнейшем развивать и совершенствовать. Можно, например, использовать конденсаторные множители напряжения, позволяющие существенно уменьшить массу трансформатора и потребляемый из сети ток за счет пониженного вторичного напряжения.

Наименьшая стоимость среди всех типов источников питания – основное достоинство источников питания с конденсаторными множителями напряжения. При насыщенности рынка инверторными источниками питания источники с конденсаторными множителями напряжения могут быть конкурентоспособными благодаря своей низкой стоимости. Они выгодно отличаются от обычных сварочных трансформаторов массогабаритными характеристиками: примерно в 1,5–2 раза легче и в 1,5 раза меньшим уровнем тока, потребляемым из сети, более высоким коэффициентом полезного действия и коэффициентом мощности. По массе, коэффициенту полезного действия, коэффициенту мощности, току, потребляемому из сети, источники питания с конденсаторными множителями напряжения приближаются к инверторным источникам питания.

Отрицательным влиянием однофазных сварочных источников питания для сетей, в отличие от трехфазных источников, является то, что они значительно загружают нулевой провод, не предназначенный для больших нагрузок, высшими гармониками тока нулевой последовательности.

## Литература

1. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий / И. В. Жежеленко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.
2. Электромагнитная совместимость источников питания сварочной дуги / И. В. Пентегов [и др.] // Электротехника и Электромеханика. – 2012. – № 3. – С. 34–40.

**ПОМЕХОГЕНЕРИРУЮЩЕЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ  
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ****А. А. Довгун***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научные руководители: Т. В. Алферова, А. А. Алферов

На современных промышленных предприятиях значительное распространение получили нагрузки, вольт- или вебер-амперные характеристики которых нелинейны. Обычно такие нагрузки называют нелинейными. К их числу относятся в первую очередь различного рода вентильные преобразователи (ВП), главным образом тиристорные, установки дуговой и контактной электросварки, электродуговые сталеплавильные печи (ЭДСП) и руднотермические печи, газоразрядные лампы, силовые магнитные усилители и трансформаторы. Эти нагрузки потребляют из сети ток, кривая которого оказывается несинусоидальной, а в некоторых случаях и непериодической; в результате возникают нелинейные искажения кривой напряжения сети или, другими словами, несинусоидальные режимы.

Несинусоидальные режимы неблагоприятно сказываются на работе силового электрооборудования, систем релейной защиты, автоматики, телемеханики и связи. Возникающие в результате воздействия высших гармоник (ВГ) экономические ущербы обусловлены главным образом ухудшением энергетических показателей, снижением надежности функционирования электрических сетей и сокращением срока службы электрооборудования. Иногда имеют место ухудшение качества и уменьшение количества выпускаемой продукции. Поэтому прогрессирующее внедрение вентильного электропривода и электротехнологии обусловило важность и актуальность решения проблемы ВГ в электрических сетях.

Основной круг вопросов, составляющих содержание этой проблемы, сводится к следующему:

- количественной оценке основных источников высших гармоник тока и напряжения, генерируемых различными нелинейными нагрузками в системах электроснабжения промышленных предприятий;
- прогнозированию значения ВГ тока и напряжения в СЭС промышленного предприятия;
- снижению уровней ВГ.

**1. Количественная оценка основных источников высших гармоник тока и напряжения, генерируемых различными нелинейными нагрузками в системах электроснабжения промышленных предприятий (теоретическая часть)**

Основными источниками высших гармоник в системах электроснабжения являются вентильные преобразователи. Существенное влияние на несинусоидальность напряжения сети могут оказывать и установки электросварки, электродуговые печи, газоразрядные источники света. Силовые трансформаторы и двигатели также являются источниками высших гармоник при работе их на нелинейной части кривой намагничивания. Однако это оборудование работает обычно в условиях сравнительно

невысокого насыщения стали, и поэтому создаваемые им токи высших гармоник относительно невелики.

*Вентильные преобразователи* находят широкое применение на заводах черной и цветной металлургии и предприятиях химической промышленности. Потребителями постоянного тока на предприятиях являются регулируемый электропривод, электролизные установки, гальванические ванны, электрифицированный железнодорожный транспорт, магнитные сепараторы и другие технологические установки. Суммарная номинальная мощность вентильных преобразователей на предприятиях достигает 800 МВт и более.

В настоящее время известно большое количество схем выпрямления трехфазного тока. Однако для установок большой и средней мощности наибольшее распространение получили трехфазная мостовая схема Ларионова и шестифазная мостовая схема с уравнивающим реактором. Разложение кривых первичных (потребляемых из сети) токов указанных схем выпрямления на гармонические составляющие показывает, что помимо основной гармоники токи содержат ряд гармоник более высоких порядков, номера которых определяются выражением

$$\nu = \rho \cdot k + 1, \quad (1)$$

где  $\rho$  – число фаз выпрямления;  $k = 1, 2, 3, \dots$  – последовательный ряд чисел.

В настоящее время в промышленности получили распространение вентильные преобразователи с усложненными законами управления. Такие преобразователи имеют улучшенные энергетические показатели и оказывают меньшее влияние на питающую их сеть.

В сварочных и зарядных агрегатах, системах возбуждения синхронных машин получили распространение полупроводимые мостовые схемы. Такие преобразователи генерируют как нечетные, так и четные гармоники.

Приведенные исследования показали, что в амплитудных спектрах первичных токов преобразователей содержатся как канонические гармоники ( $\nu = 5; 7; 11; 13, \dots$ ), номера которых определяются по формуле (1), так и неканонические, или аномальные гармоники ( $\nu = 2; 3; 4; 6; 8; 9; 10, \dots$ ). Основной причиной появления аномальных гармоник является асимметрия импульсов управления, свойственная всем широко распространенным системам управления. Амплитуды аномальных гармоник по сравнению с амплитудами канонических гармоник, как правило, невелики и не превосходят 2–3 % тока первой гармоники.

*Дуговые электроды* получили широкое распространение на металлургических и машиностроительных предприятиях. Печи строятся емкостью от половины до сотен тонн с трансформаторами мощностью от 0,4 до 60 МВА. Нелинейность вольт-амперной характеристики дуги приводит к генерации печами токов высших гармоник. Формы кривых тока печей в большой степени зависят от режима горения дуги в различные периоды плавки. В начальный период расплавления ток печи колеблется между токами режимов холостого хода и металлического короткого замыкания. Форма кривых токов в этот период значительно отличается от синусоидальной, но даже в этот период времени уровни гармоник, генерируемые ДСП, оказываются в 3–4 раза меньше уровней высших гармоник, генерируемых вентильными преобразователями той же мощности.

С появлением жидкого металла плавку ведут при короткой дуге, колебания тока становятся меньше. Форма кривых тока улучшается и приближается к синусоидальной.

В токах электродуговых печей наряду с гармониками 5, 7, 11, 13... порядков содержатся также гармоники 2, 3, 4, 6... порядков, которые по аналогии с соответствующими гармониками вентиляльных преобразователей называют аномальными. Основными причинами появления аномальных гармоник являются непрерывные изменения условий горения дуг печи и неполное выравнивание сопротивлений короткой сети.

Величины аномальных гармоник тока близки к величинам 5-й и 7-й гармоник. Эквивалентное действующее значение токов высших гармоник в токе печи за счет аномальных гармоник возрастает в 1,8–2 раза.

В настоящее время на промышленных предприятиях большое распространение получают *машины контактной электросварки*, включение которых производится с помощью игнитронных или тиристорных контактов. Для плавного регулирования сварочного тока тиристорные и игнитронные контакторы снабжаются системами фазового регулирования. Применение фазового регулирования приводит к искажению формы тока, потребляемого сварочными машинами.

Определяющими гармониками при разложении тока являются первая, третья и пятая. Проведенные экспериментальные исследования показали, что в спектре токов машин контактной электросварки, кроме нечетных гармоник, присутствуют также четные гармоники. Появление четных гармоник объясняется разбросом углов регулирования игнитрона, величина которого достигает  $10^\circ$ . Влияние четных высших гармоник на несинусоидальность токов сварочных машин невелико.

Для четырехпроводных промышленных и городских сетей 380/220 В источником гармоник в основном является люминесцентное освещение. *Люминесцентные лампы*, а также мощные дуговые ртутные люминесцентные лампы (типа ДРЛ) имеют нелинейные вольт-амперные характеристики. При этом форма тока лампы близка к треугольнику, а форма напряжения на лампе имеет примерно прямоугольный вид. Наибольшее значение в спектре высших гармоник тока лампы имеет 3-я гармоника. Ее величина может достигать 19 % тока первой гармоники.

Типичной нелинейной нагрузкой в электрических сетях является силовой трансформатор. Это объясняется нелинейной характеристикой намагничивания стального сердечника трансформатора. При этом при синусоидальном первичном напряжении намагничивающий ток имеет несинусоидальную форму.

Вследствие несимметрии магнитопроводов трехфазных трехстержневых трансформаторов действующие значения намагничивающих токов крайних фаз в 1,3–1,5 раза больше намагничивающего средней фазы. По той же причине в намагничивающих токах имеются все нечетные высшие гармоники, в том числе и кратные трем. Наибольший удельный вес, кроме основной, имеют 3-я, 5-я и 7-я гармоники.

## **2. Прогнозирование значения ВГ тока и напряжения в СЭС промышленного предприятия (практическая часть)**

Для прогнозирования высших гармонических составляющих необходимо выполнить расчет несинусоидальных режимов. Для реализации расчета режима высших гармоник на ЭВМ была разработана программа «Sigma». Программа позволяет выполнять расчеты несинусоидальности токов и напряжений в системах электропитания промышленного предприятия. Источником токов высших гармоник является вентиляльный преобразователь (6-, 12-фазный), а также любой другой источник, задающийся амплитудой и углом каждой гармоники.

В результате работы программы «Sigma» определяются действующие значения токов отдельных гармоник в ветвях и напряжений в узлах схемы, а также эквивалентные действующие значения токов в ветвях и напряжений в узлах и суммарные потери активной мощности в элементах системы электроснабжения от токов высших гармоник.

#### Литература

1. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий / И. В. Жежеленко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2000. – 331 с. : ил.
2. Гераскин, О. Т. Применение вычислительной техники для расчета высших гармоник в электрических сетях / О. Т. Гераскин, В. В. Черепанов. – М. : ВИПКэнерго, 1987. – 53 с. : ил.

### **РАСЧЕТ НИЗКООМНОГО РЕЗИСТИВНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ 10КВ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ**

**А. А. Лопато**

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

Научные руководители: Л. И. Евминов, Т. В. Алферова

Во многих странах мира признано целесообразным проводить модернизацию системы заземления нейтрали сетей 6–35 кВ путем заземления ее через резистор или через резистор и дугогасящую катушку (ДГК), т. е. переходить на резистивное заземление нейтрали.

Способ заземления нейтрали через резистор позволяет наиболее просто решить две важные технологические задачи: представляется возможным определить поврежденное присоединение и незамедлительно принять меры по устранению повреждения; создаются предпосылки для выбора простой токовой релейной защиты, действующей либо на сигнал, либо на отключение.

Кроме того, заземление нейтрали через резистор позволяет снижать уровень дуговых, феррорезонансных и коммутационных перенапряжений. При этом появляется возможность защиты оборудования подстанции с помощью ОПН с более низким остаточным напряжением при коммутационном импульсе.

Заземление нейтрали через резистор способствует повышению уровня электробезопасности для людей и животных в результате быстрого устранения повреждения, или отключения поврежденного присоединения. Другими словами, использование резистивного заземления нейтрали повышает надежность работы сети.

Нейтрали сетей 6–35 кВ заземляются через резистор на питающих подстанциях.

При резистивном заземлении нейтрали сетей 6–35 кВ включение резистора в нейтраль может осуществляться четырьмя способами с помощью специального трансформатора заземления нейтрали ТЗН со схемой соединения обмоток  $Y/\Delta$ . Такой способ используется на стороне низкого напряжения подстанции, где вторичная обмотка силовых трансформаторов на этой подстанции соединена в  $\Delta$  и нейтраль не выделена; с помощью трансформаторов собственных нужд на напряжения 3, 6, 10 кВ, в которых нейтраль в первичной обмотки выведена наружу. Такой способ используется на подстанциях, на которых установлены специальные трансформаторы собственных нужд с выведенной нейтралью в первичной обмотке. Практически на всех подстанциях Республики Беларусь такие трансформаторы не применяются; резистор подключается непосредственно к нейтрали среднего напряжения (35 кВ), выведенной на крышку трехобмоточного трансформатора. Такой способ рекомендуется использовать на под-

станциях, на которых установлены трансформаторы такого типа; с помощью фильтра нулевой последовательности типа ФМЗО. Такой способ также может использоваться на подстанциях, в которых вторичная обмотка силовых трансформаторов соединена  $\Delta$  и нейтраль не выделена. Выбор типа резистора производится по трем основным критериям: резистор должен обеспечивать снижение уровня перенапряжений, основными из которых являются дуговые перенапряжения; при заземлении нейтрали через резистор должны соблюдаться условия электробезопасности для людей при однофазных замыканиях на землю на подстанциях и распределительных пунктах с учетом существующего нормирования величины допустимого напряжения прикосновения; сопротивление резистора в нейтрали должно обеспечивать протекание активного тока в поврежденном присоединении величиной, достаточной для организации токовых защит на сигнал, или на отключение поврежденного присоединения.

Основным параметром резистора, который определяет его физическую сущность, является активное сопротивление резистора  $R_p$ .

При низкоомном заземлении нейтрали сопротивление резистора должно способствовать разряду емкости неповрежденных фаз за время бестоковой паузы (примерно равное полупериоду промышленной частоты), что исключает возможность развития перенапряжений. При этом величина тока однофазного замыкания на землю в месте замыкания по условиям снижения уровня перенапряжений и обеспечения условий электробезопасности должна быть в пределах допустимой для сети с изолированной нейтралью, но быть достаточной для нормальной работы РЗА по обнаружению поврежденного присоединения. Величина резистора  $R_p$  определяется условием

$$R_p \leq (2,5Z_B + R_{C.H}), \text{ Ом}, \quad (1)$$

где  $Z_B$  – волновое сопротивление, Ом; соответствует максимальной величине волнового сопротивления жилы кабеля для кабельных линий и провода для воздушных линий, которая принимается равной:

– для кабельных и смешанных линий:

$$Z_B = 100 \text{ Ом}, \quad (2)$$

– для воздушных линий:

$$Z_B = 500 \text{ Ом}, \quad (3)$$

$R_{C.H}$  – емкостное сопротивление некомпенсированной сети, Ом; определяется следующим образом:

$$R_{C.H} = \frac{U_\Phi}{I_C}, \text{ Ом}, \quad (4)$$

где  $I_C$  – емкостной ток сети, А;  $U_\Phi$  – фазное напряжение сети, В, которое вычисляется по формуле

$$U_\Phi = \frac{U_H}{\sqrt{3}}, \text{ В}, \quad (5)$$

где  $U_H$  – номинальное напряжение сети, кВ.

Емкостной ток сети равен сумме емкостных токов всех присоединений и определяется по следующей формуле:

$$I_C = \sum_{i=1}^N I'_{Ci} \cdot l_i, \text{ А}, \quad (6)$$

где  $I'_{Ci}$  – удельный емкостной ток  $i$ -го присоединения, А/км;  $l_i$  – длина  $i$ -го присоединения, км;  $N$  – число присоединений, шт.;  $i$  – текущий индекс суммирования.

Средние значения удельного емкостного тока  $I'_C$  для кабельных и воздушных линий приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

**Значения удельного емкостного тока  $I'_C$  для кабельных линий напряжением 6, 10, 35 кВ**

Номинальное сечение жил кабеля, мм <sup>2</sup>	Значение тока $I'_C$ , А/км		
	6 кВ	10 кВ	35 кВ
10	0,33	0,46	–
16	0,37	0,52	–
25	0,46	0,62	–
35	0,52	0,69	–
50	0,59	0,77	–
70	0,71	0,9	3,7
95	0,82	1	4,1
120	0,89	1,1	4,4
150	1,1	1,3	4,8
185	1,2	1,4	5,2
240	1,45	1,7	5,4

Таблица 2

**Значения удельного емкостного тока  $I'_C$  для воздушных линий напряжением 6, 10, 35 кВ**

Характеристика линии	Значение тока $I'_C$ , А/км		
	6 кВ	10 кВ	35 кВ
Одноцепная без троса	0,013	0,0256	0,078
Одноцепная с тросом	–	0,032	0,091
Двухцепная без троса	0,017	0,035	0,102
Двухцепная с тросом	–	–	0,11



Также значения удельного емкостного тока  $I'_C$  могут быть определены по формулам:

– для кабельных линий:

$$I'_C = \frac{U_H}{10}, \frac{A}{\text{км}}; \quad (7)$$

– для воздушных линий:

$$I'_C = \frac{U_H}{350}, \frac{A}{\text{км}}. \quad (8)$$

Для выбора трансформатора заземления нейтрали сначала необходимо найти ток в нейтрали сети по следующей формуле:

$$I_N = \frac{U_\Phi R_C}{R_C(Z_N + Z_\Pi) + jZ_N Z_\Pi}, A, \quad (9)$$

где  $U_\Phi$  – фазное напряжение сети, В;  $R_C$  – емкостное сопротивление некомпенсированной сети, Ом;  $Z_N$  – сопротивление заземления нейтрали, Ом;  $Z_\Pi$  – сопротивление цепи тока замыкания на землю, Ом.

## МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПОТРЕБИТЕЛЕЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

А. М. Железко

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

Научные руководители: Т. В. Алферова, О. М. Головач

Методы расчета электрических нагрузок, применяемые при проектировании систем электроснабжения, подразделяют на две группы: основные и вспомогательные.

К основной группе относятся методы расчета по:

- установленной мощности и коэффициенту спроса;
- средней мощности и коэффициента графика нагрузок;
- средней мощности и отклонению расчетной нагрузки от средней (статистический метод);
- средней мощности и коэффициенту максимума (метод упорядоченных диаграмм).

К вспомогательной группе относятся расчеты по:

- удельному расходу электроэнергии на единицу продукции при заданном объеме выпуска продукции за определенный период времени;
- удельной нагрузке на единицу производственной площади.

Метод расчета электрических нагрузок выбирается по следующим критериям [1], [2]:

- 1) при определении расчетных нагрузок по отдельным группам приемников и узлам напряжением до 1 кВ в цеховых сетях рекомендуется использовать метод упорядоченных диаграмм и статистический метод;

2) при определении расчетных нагрузок на шинах трансформаторных подстанций следует применять методы расчета, основанные на использовании средней мощности и коэффициентов мощности  $K_M$  и формы  $K_\phi$ ;

3) при ориентировочных расчетах на высших ступенях системы электроснабжения можно применять метод расчета по установленной мощности и коэффициенту спроса  $K_c$ , а в некоторых случаях по удельным показателям потребления электроэнергии.

Все вышеперечисленные методы расчета электрических нагрузок могут применяться при проектировании электрических сетей сельскохозяйственного назначения, если предприятия, которые питаются от этих сетей по составу оборудования и режиму работы аналогичны промышленным.

Для расчета электрических нагрузок потребителей агропромышленного комплекса применяется метод добавок. В основу метода положено суммирование расчетных нагрузок на вводах потребителей или линиях трансформаторных подстанций [3].

Если нагрузка потребителей в группе отличается по значениям более чем в 4 раза, то их суммируют по формуле

$$P = P_6 + P_{\text{доб}}, \quad (1)$$

где  $P_6$  – большая из слагаемых нагрузок;  $P_{\text{доб}}$  – добавка к большей нагрузке, соответствующая наименьшей нагрузке.

Добавку для сети 0,38 кВ, соответствующую наименьшей нагрузке, можно определить, используя значения добавок, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

**Значения добавок активной мощности при суммировании нагрузок в сетях 0,38 кВ**

$P$	$\Delta P$	$P$	$\Delta P$	$P$	$\Delta P$	$P$	$\Delta P$	$P$	$\Delta P$	$P$	$\Delta P$	$P$	$\Delta P$	$P$	$\Delta P$
0,2	+0,2	11	+6,7	36	+23,5	61	+41,7	102	+70	152	+110	202	+152	252	+192
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
10	+0,6	35	+22,8	60	+41,0	100	+69,0	150	+108	200	+150	250	+190	300	+230

Добавку для сети 6–35 кВ, соответствующую наименьшей нагрузке, можно определить используя значения добавок, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

**Значения добавок активной мощности при суммировании нагрузок в сетях 6–35 кВ**

$P$	$\Delta P$	$P$	$\Delta P$	$P$	$\Delta P$	$P$	$\Delta P$	$P$	$\Delta P$	$P$	$\Delta P$	$P$	$\Delta P$	$P$	$\Delta P$
1	+0,6	26	+17,2	52	+38,0	105	+78	260	+204	510	+408	760	+618	1020	+847
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
25	+16,5	50	+36,5	100	+74,5	250	+194	500	+400	750	+610	1000	+830	1500	+1270

Для удобства расчетов таблицу добавок можно заменить математической зависимостью

$$P_{\text{доб}} = 0,58 \cdot P_{\text{min}}^{1,05}, \quad (2)$$

где  $P_{\text{min}}$  – меньшая из нагрузок.

Выражение (2) действительно в интервале нагрузок от 1 до 1500 кВт.

Для более точных расчетов используют следующие зависимости:

– при  $P_{\text{min}} = 1\text{--}100$  кВт:

$$P_{\text{доб}} = (0,6 - 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot P_{\text{min}}) P_{\text{min}}; \quad (3)$$

– при  $P_{\text{min}} = 100\text{--}1500$  кВт:

$$P_{\text{доб}} = (0,74 - 9,64 \cdot 10^{-5} \cdot P_{\text{min}}) P_{\text{min}}. \quad (4)$$

Функция добавки к большей из нагрузок в зависимости от меньшей из слагаемых нагрузок  $P_{\text{min}}$  для сетей 0,38 кВ с достаточной точностью может быть определена по формуле

$$P_{\text{доб}} = 0,08 + 0,6 \cdot P_{\text{min}} + 6,57 \cdot 10^{-4} \cdot P_{\text{min}}^2. \quad (5)$$

При наличии в зоне электроснабжения сезонных потребителей (парники, теплицы, орошение и т. п.) расчетные нагрузки сети определяются с учетом коэффициентов сезонности  $k_c$ , приведенных в табл. 3.

Таблица 3

### Коэффициенты сезонности сельскохозяйственных потребителей

Вид потребителя	Сезон			
	зима	весна	лето	осень
Традиционные потребители	1	0,8	0,7	0,9
Осенние	0–0,1	0,3–0,5	1	0,2–0,5
Закрытый грунт на электрообогреве	0,3	1	0	0
Осенне-летние потребители	0,2	0	1	1

Если суммарная нагрузка сезонных потребителей составляет от суммарной нагрузки несезонных потребителей более 20 % для весенних, 30 % для летних или 10 % для осенне-летних, то кроме расчетного зимнего режима выполняется расчет нагрузки для соответствующего сезона.

Если нагрузки потребителей в сети отличаются по величине не более чем в 4 раза, то нагрузка групп определяется по формулам:

$$P_d = K_o \sum P_i \cdot k_d; \quad (6)$$

$$P_B = K_o \sum P_i \cdot k_B, \quad (7)$$

где  $K_o$  – коэффициент одновременности, который определяется:

– для сети 0,38 кВ, используя табл. 4:

$$K_o = a + \frac{b}{\sqrt[m]{n}}; \quad (8)$$

Таблица 4

Значения параметров формулы (8)

Потребитель	$a$	$b$	$m$
Производственные потребители	0,3	0,7	3

– для сети 6–35 кВ по табл. 5.

Таблица 5

Коэффициент одновременности нагрузок разных групп потребителей

Количество трансформаторных подстанций	2	3	5	10	20	25 и более
Коэффициент одновременности	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65

Допускается определять расчетные нагрузки по одному дневному режиму, если суммируются производственные потребители, или по вечернему, если суммируются бытовые потребители [4].

Коэффициенты дневного и вечернего максимума принимаются:

- для производственных потребителей  $K_D = 1$ ;  $K_B = 0,6$ ;
- для бытовых потребителей (дома без электроплит)  $K_D = 0,3-0,4$ ;  $K_B = 1$ ;
- для бытовых потребителей (дома с электроплитами)  $K_D = 0,6$ ;  $K_B = 1$ ;
- для смешанной нагрузки  $K_D = K_B = 1$ ;

После того как нагрузка групп потребителей рассчитана определяется место расположения трансформаторной подстанции и составляется расчетная схема сети.

#### Литература

1. Руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства. Ноябрь 1981 г. / Методические указания по расчету электрических промышленных установок. – Вып. 6. – М. : Энергия, 1986.
2. Будзко, И. А. Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Будзко, Т. Б. Лещинская, В. И. Сукманов. – М. : Колос, 2000. – 536 с.
3. Янукович, Г. И. Электроснабжение сельского хозяйства. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие для учащихся средних специальных и высших учебных заведений, инженеров-энергетиков и проектировщиков / Г. И. Янукович. – Минск : БГАТУ, 2010. – 440 с.
4. Янукович, Г. И. Расчет линий электропередачи сельскохозяйственного назначения : учеб. пособие для студентов с.-х. вузов / Г. И. Янукович. – Минск : БГАТУ, 2002. – 86 с. : ил.

## ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО И СТАТИСТИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**В. О. Барзыкин**

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

Научные руководители: Т. В. Алферова, А. А. Алферов

Для обеспечения безопасной и эффективной работы в режимах эксплуатации и ремонта электрооборудования необходимо знать фактический уровень его работоспособности с учетом воздействия реальных эксплуатационных факторов [1].

Целью данной работы является создание и применение аналитического и статистического инструментария для уменьшения последствий колебаний, несимметрии напряжения, отклонения частоты в электрической сети, повышения надежности электрических объектов и систем, развития теории и совершенствования методов расчета показателей эксплуатационной надежности электрооборудования с учетом условий и режимов работы.

Схема этапов математического моделирования представлена на рис. 1.

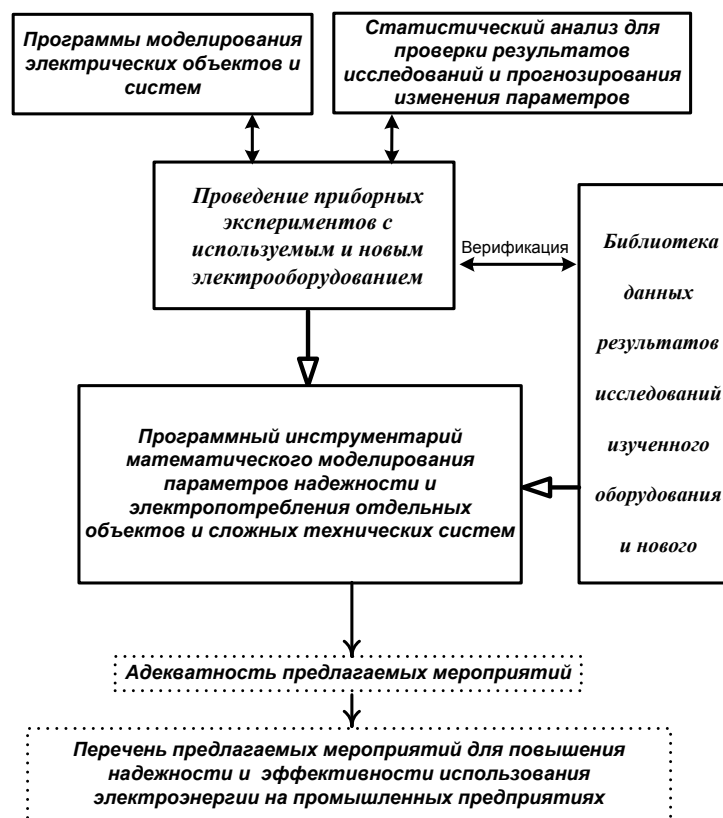


Рис. 1. Схема этапов математического моделирования

Применение программных пакетов электрического моделирования (Multisim, OrCad, Simulink) всех элементов систем электроснабжения по отдельности и в комплексе осуществляется с целью проверки существующих результатов энергопотребления и прогнозирования изменения электропотребления при проведении энергоау-

дита по предложенным мероприятиям. По результатам моделирования электрических систем цехов и целых предприятий создается библиотека шаблонов, с помощью которой исследователю не требуется заново создавать рабочий прототип, а лишь составить свою схему. На данном этапе проводились приборные эксперименты по анализу влияния различных факторов (отклонения напряжения и частоты) на электропотребление (активная и реактивная мощности, гармонический состав тока и т. д.) для используемого и нового оборудования, рекомендованного при проведении энергоаудита на предприятиях машиностроения. Современные программные пакеты электрического моделирования позволяют значительно экономить время на аналитических расчетах, создавать библиотеки баз данных, программировать отказы элементов, подбирать рабочие прототипы схем с рабочими параметрами с помощью встроенного отладчика ошибок моделирования, указывать в модели элементы схем, не подходящие по напряжению и току, использовать реальные и виртуальные элементы с заданными характеристиками, применять большое число виртуальных приборов, часто недоступных на практике (цифровой запоминающий осциллограф, плоттер Боде, частотомер, логический анализатор, измеритель нелинейных искажений, приборы LabVIEW), возможность разработки новых библиотек элементов на языках VHDL и SPICE, возможность объединения в пакет различных анализов или образцов одного и того же анализа для последовательного выполнения и т. д.

Применение моделирования электрических систем позволяет не только установить условия работы электрооборудования, но и выявить причины, вызвавшие их отклонения.

Например, неблагоприятное влияние на питающую сеть оказывают дуговые печи, которые могут иметь мощность десятки МВт и сооружаются как однофазные. Это приводит к нарушению симметрии токов и напряжений. Кроме того, дуговые печи, как и вентильные установки, являются нелинейными ЭП с малой инерционностью. Поэтому они приводят к несинусоидальности токов, а, следовательно, и к напряжениям.

Основная задача статистического анализа – создание эффективного инструментария оценки параметров надежности и электропотребления отдельных объектов и сложных технических систем. За основу приняты такие программы, как MS Excel, Statgraphics, Statistica, SPSS.

Структура программного инструментария включает в себя следующие элементы: шаблон исходных данных элементов исследуемого объекта и библиотека реализованных элементов (bibl. 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.

Создание библиотеки предполагает изучение имеющихся на данный момент исследований показателей надежности, например, представленных в [2].

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 может служить напряжение и величина его отклонения от номинального значения, сила тока, частота. Каждый из имеющихся модулей элементов использует только один или несколько существенно влияющих на него параметров, основанных на исследованиях влияния различных факторов на работоспособность электрического оборудования, представленных, например, в [3], [4].

Результаты представляются в графическом или аналитическом виде.

На рис. 2 приведена часть поля предварительного анализа влияющих факторов, которая реализована как Web-приложение с целью пополнения базы данных экспертными мнениями и возможностью пополнения библиотеки нормативных документов.

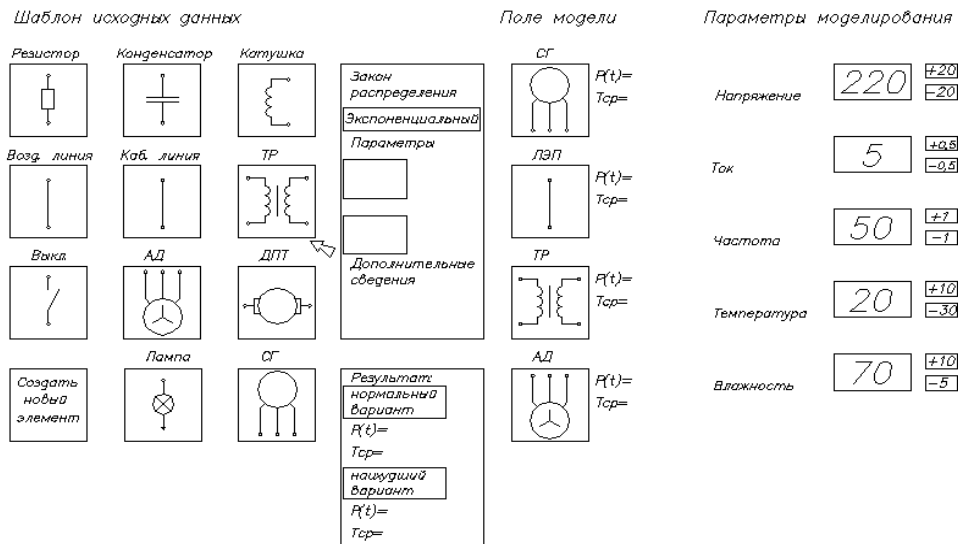


Рис. 2. Часть поля предварительного анализа влияющих факторов

Этап приборных экспериментов включает подбор соответствующего оборудования и методик испытаний. В перечень средств измерений входят: анализаторы качества электроэнергии, люксметры, тепловизоры, измерители плотности тепловых потоков, газоанализаторы и другие приборы.

Библиотека данных по результатам накопленных сведений и проводимых исследований включает результаты исследований применяемого и нового оборудования.

Таким образом, практическое применение аналитического и статистического инструментария заключается в оптимизации технических решений по обеспечению требуемой надежности при проектировании и эксплуатации электротехнического оборудования, установок, электрических систем. Результаты исследования позволяют: анализировать и прогнозировать показатели надежности электрооборудования в зависимости от условий эксплуатации; разработать комплекс мероприятий по повышению надежности и эффективности функционирования электрооборудования.

#### 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. Определение 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. – 2012. – № 3. – С. 80–87.
3. Исаев, И. П. Ускоренные испытания и прогнозирование надежности электрооборудования локомотивов / И. П. Исаев, А. П. Матвеевичев, Л. Г. Козлов. – М. : Транспорт, 1984. – 248 с.
4. Анищенко, В. А. Надежность систем электроснабжения / В. А. Анищенко. – Минск : Техно-принт, 2001. – 160 с.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ БЛОКОВ ЗАЩИТ С СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В. В. Судибор

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

Научные руководители: Л. И. Евминов, Т. В. Алферова

Релейная защита энергетических объектов занимает важное место в иерархии нового «электронного» мира. Вот уже более сотни лет электрические сети и системы защищают от аварийных режимов электромеханические реле защиты, отлично справляясь с возложенными на них обязанностями. За многие десятилетия конструкции электромеханических реле достигли совершенства и среди них появились настоящие шедевры, например реле дистанционной защиты типа LZ31 компании АВВ. Однако прогресс в развитии электромеханических реле был полностью остановлен 30–35 лет тому назад в связи с тем, что все усилия разработчиков были направлены на создание электронных, а затем и микропроцессорных устройств релейной защиты (МУРЗ).

По данным, полученным в «Бобруйских электрических сетях», в 2001 г. количество микроэлектронных и микропроцессорных устройств составляло 1,2 %, а распределение электромеханических устройств по срокам эксплуатации (рис. 1) выглядело следующим образом:

- 15 % – в пределах нормативного срока службы (до 12 лет);
- 50 % – в пределах условного срока службы надежной работы (от 12 до 25 лет);
- 34 % – со сроком службы свыше 25 лет, причем 10 % из них со сроком службы более 35 лет.

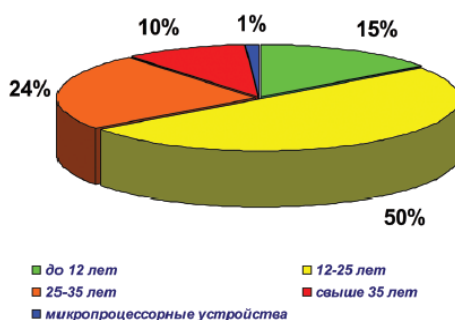


Рис. 1. Распределение электромеханических устройств по срокам эксплуатации

На сегодняшний день в «Бобруйских электрических сетях» требует замены следующее количество электромеханических устройств (см. таблицу).

### Количество электромеханических устройств, подлежащих замене

Класс напряжения	Общее количество	Замена
10 (6) кВ	307	250
35 кВ	113	81
110 кВ	49	24
220 кВ	6	6



Вопрос о замене устройств, выработавших свой ресурс, обостряется с каждым годом. Планируемая же полная замена традиционной РЗА на современную микропроцессорную является длительным процессом. Оценка темпов реализации программ показывает, что переход от электромеханической РЗА к цифровой затянется на 25–30 лет. Кроме того, ускоренный переход на цифровые РЗА, вызывает дополнительные проблемы.

Так, например, оптимистические ожидания по качеству работы микропроцессорной РЗА оказались завышенными. 20-летний опыт работы микропроцессорных устройств РЗА в других странах показал, что процент их повреждений и случаев неправильной работы значительно выше, чем аналогичные показатели устройств РЗА на электромеханической базе, несмотря на значительный износ. Этот вывод подтверждается опытом работы микропроцессорной РЗА в странах Европы и Японии.

Поэтому нельзя не отметить, что за последние 8–10 лет процент ошибочных действий РЗА вырос в –5 раз (от 0,3 до 1,2–1,5%), причем значительная часть этих ошибок возникла по причине старения релейной аппаратуры.

Широкое применение микропроцессорных устройств РЗА на строящихся энергообъектах и при техническом перевооружении устройств РЗА в энергетике, безусловно, оправдано неоспоримыми преимуществами цифровых устройств над электромеханическими. Однако наличие требований к электромагнитной совместимости микропроцессорных устройств оставляет уязвимым место в защите энергообъекта при электромагнитных помехах сверх допустимых по ГОСТ. Например, применение цифровых устройств на старых подстанциях затруднено по причине ухудшенной электромагнитной обстановки подстанции, а именно:

- из-за значительных перенапряжений во вторичных цепях, возникающих во время коммутации основного оборудования или при грозовых импульсах в первичных цепях;

- из-за несоответствия проектных требований в части выполнения систем заземления и защиты от электромагнитных возмущений.

Из проведенного анализа эксплуатации МУРЗ филиала «Бобруйские электросети» следует, что применяемые микропроцессорные блоки представлены разнообразными фирмами-производителями (БЭМН, БЭРН, Micom, Siemens, GE и др.). Общее количество микропроцессорных устройств в Бобруйском районе насчитывает порядка 797 шт. За время эксплуатации основными неисправностями МУРЗ на объектах РУП «Могилевэнерго» филиала «Бобруйские электросети» являются: выход из строя модема системной платы, повреждение выпрямительного моста VD и силовых транзисторов, повреждение системных плат, пробой варисторов на платах выходных дискретных сигналов. Данные неисправности были получены в результате грозовых разрядов и однофазных коротких замыканий в сетях 10 (6) кВ.

Проблема электромагнитной совместимости электронной аппаратуры (ЭМС) возникла вместе с самой этой аппаратурой, поскольку одни ее узлы функционально построены таким образом, что являются приемниками электромагнитного излучения, тогда как другие – источниками излучения. Проблемы возникали как из-за взаимного влияния одних узлов на другие внутри аппаратуры, так и при воздействии на электронную аппаратуру внешних излучений различного происхождения. Десятилетиями проблемы ЭМС были прерогативой специалистов в области электроники, радиотехники и связи [1].

Современные МУРЗ оказались весьма чувствительны к электромагнитным помехам, поступающим «из воздуха», по цепям оперативного тока, цепям напряжения и от трансформаторов тока.

Степень повреждения зависит от устойчивости как каждого из компонентов схемы, так и от энергии мощной помехи в целом, которая может быть поглощена схемой без появления дефекта или отказа.

Стойкость микросхем к перенапряжениям на несколько порядков ниже, чем стойкость электромагнитного реле [2]. Импульсные перенапряжения, возникающие при разрядах молний и при коммутации в силовых электроустановках, способны повреждать и разрушать как электронные устройства, так и целые системы.

Многолетняя статистика подтверждает, что число таких повреждений удваивается каждые три-четыре года [3].

Грозовые разряды являются самым мощным источником импульсных воздействий на аппаратуру электростанций и подстанций. Напряжение молнии может составлять до ста миллионов вольт. В нормах строительства громоотводов принимают обычно ток молнии до 200 тысяч ампер при длительности порядка 1 мс, хотя практически ток молнии редко превышает 20–30 кА. Температура канала при главном разряде может превышать 25000 °С.

В условиях подстанции «Мирадино – 330 кВ» РУП «Могилевэнерго» рекомендуются следующие мероприятия и технические решения по электрической совместимости МУРЗ и присоединений к ним

1. Расчет заземляющего устройства.

В результате расчета ЗУ получены следующие результаты:

- сопротивление ЗУ с учетом естественных заземлителей – 0,23 Ом;
- максимальный потенциал на ЗУ (при ОКЗ в ОРУ 110 кВ) – не более 4,9 кВ;
- максимальное напряжение прикосновения на рабочих местах – 60,8 В;
- максимальное напряжение прикосновения на остальной территории – 304,1 В.

2. Расчет уровня коммутационных воздействий на вторичные цепи.

Предусматриваем мероприятия по снижению уровня помех до расчетного допустимого уровня (1,5 кВ импульсного напряжения между жилой кабеля и корпусом панели и 10 кВ потенциал ЗУ при высокочастотном токе ОКЗ, в месте установки клеммного ящика рассчитываемого оборудования). Выбор защитных мероприятий выполняется по результатам расчета уровня помех.

3. Защита от электромагнитных помех и импульсных перенапряжений в цепях питания.

Для защиты цепей постоянного тока от импульсных перенапряжений на каждой секции шин постоянного тока необходимо установить устройства ограничения импульсных перенапряжений класса II с номинальным напряжением 220 В.

4. Защита вторичных цепей от грозовых воздействий.

Выполняется заземление портала с установленным на нем молниеотводом и установка лотков кабельных каналов на изолирующие прокладки.

5. Расчет термической стойкости экранов кабелей вторичных цепей.

Целью данного расчета является определение величин токов, протекающих по экранам кабелей вторичных цепей в режиме ОКЗ на территории ОРУ. При заземлении экранов кабелей вторичных цепей с двух сторон в режиме ОКЗ на территории ОРУ по ним будет протекать часть тока повреждения, что может вызвать термическое разрушение их изоляции. Поэтому необходимо проверять экраны кабелей вторичных цепей на термическую стойкость.

Из результатов расчетов следует, что экраны кабелей вторичных цепей необходимо заземлять с одной стороны, при этом:

- экран кабеля от трансформатора тока до шкафа зажимов заземлять в шкафу зажимов;

– экран кабеля от шкафа зажимов до ОПУ заземлять в ОПУ на зажимы защитного заземления шкафов (панелей).

Дополнительные мероприятия включают в себя:

– прокладка непосредственно вблизи кабелей экранирующих проводников (изолированных или без изоляции, заземленных по концам);

– установка на входах устройств АСТУ фильтров и ограничителей импульсных перенапряжений.

#### Литература

1. Гуревич, В. И. Микропроцессорные реле защиты. Устройство, проблемы, перспективы / В. И. Гуревич. – М. : Инфра-Инженерия, 2011. – 336 с.
2. Правосудов. Grabtech-технология для защиты электрооборудования от импульсных перенапряжений / Правосудов // Компоненты и технологии. – 2003. – № 6.
3. Moore, G. E. Cramming more components onto integrated cir- “Electronics”, Vol. 38. № 8, 1965.

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА СИСТЕМУ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. С. Шмигирев

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

Научные руководители: Ю. А. Рудченко, А. А. Алферов

В последнее время из-за роста установленной мощности нелинейных нагрузок значительно увеличился уровень электромагнитных помех (ЭМП) в системах электроснабжения (СЭС) промышленных предприятий. К нелинейным нагрузкам относятся в первую очередь различного рода вентильные преобразователи, установки контактной и дуговой электросварки, электротермическое оборудование: электродуговые сталеплавильные печи, руднотермические печи, печи сопротивления периодического действия (печи отжига). ЭМП неблагоприятно сказываются на работе силовых электроустановок, систем релейной защиты, автоматики, телемеханики и связи и в ряде случаев приводят к ухудшению энергетических показателей, снижению надежности функционирования электрических сетей и сокращению срока службы электрооборудования. Поэтому проблема повышения качества электроэнергии (КЭ) является актуальной и практически значимой [1].

Вопросы КЭ рассматриваются в контексте проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС). ЭМС определяется как способность электротехнического устройства удовлетворительно функционировать в его электромагнитном окружении, не влияя на это окружение, к которому принадлежат также другие устройства. Это определение применительно к СЭС предприятий оказывается неполным, ибо в круг вопросов ЭМС не включены СЭС с их особенностями усиления помех, их деформации и даже генерирования. Таким образом, проблема КЭ оказывается более широкой, чем проблема ЭМС.

Режим работы каждой электротермической установки характеризуется определенным набором параметров режима (ток, температура, угол управления и т. д.), значения которых зависят не только от вида, назначения, конструкции установки и особенностей технологического процесса, но и от параметров поступающей в электротермическую установку электрической энергии. Эффективность работы всех электротермических установок во многом определяется наличием в питающей сети ЭМП, при этом они могут

оказывать влияние как непосредственно на физику протекающих процессов, так и на отдельные элементы электрооборудования электротермических установок. В целом это приводит к изменению технико-экономических показателей этих установок. Наибольшее влияние на эффективность работы электротермических установок оказывают отклонения напряжения как вверх, так и вниз от номинального значения, которые приводят к изменению производительности, расходов и потерь электроэнергии.

Все виды ЭМП оказывают существенное воздействие на системы управления электротермических установок. При отклонениях напряжения в пределах  $\pm 10\%$  от  $U_{\text{ном}}$  брака продукции или изменения ее качества нарушения технологических процессов для большинства электротермических установок не наблюдается [2].

Одним из основных способов обеспечения ЭМС помехочувствительных электроприемников является разделение нагрузок, являющихся источниками ЭМП (ДСП, печи отжига, сварочные установки и др.), и других нагрузок до уровня, при котором обеспечивается их ЭМС. Наиболее распространёнными техническими средствами, используемыми для разделения нагрузок, являются сдвоенные реакторы, а также трансформаторы с расщеплёнными обмотками и трехобмоточные трансформаторы.

Распространённым техническим средством, применяемым для снижения колебаний напряжения, являются быстродействующие статические компенсаторы (СТК). Степень компенсации колебаний напряжения зависит от времени запаздывания системы управления, которое должно быть по возможности минимальным [3].

В данной работе проводилась оценка показателей качества электроэнергии на шинах 0,4 кВ главного привода двигателя второй печи цементного завода ОАО «Красносельский завод стройматериалов».

В настоящее время, с учетом допущений, разрешаемых ГОСТ 13109–97, задачи приборного контроля качества электрической энергии (проверка соответствия фактических значений параметров электроэнергии на границах раздела балансовой принадлежности сетей установленным нормам, выявление виновника ухудшения качества электроэнергии) могут решаться с помощью выпускаемого в Республике Беларусь прибора УК1.

В ходе эксперимента определялась: установившееся отклонение напряжения  $\delta U_y$  на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи; коэффициенты искажения синусоидальности кривой напряжения  $K_U$  по фазам; коэффициент несимметрии напряжений по нулевой и обратной последовательности; кратковременная и длительная доза фликера; коэффициент временного перенапряжения по фазам; коэффициенты  $n$ -х гармонических составляющих напряжения.

Коэффициенты  $n$ -х гармонических составляющих напряжения  $K_{U(n)}$  за время измерения на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи не соответствовали требованиям ГОСТ 13109–97: коэффициенты 2, 3, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 30, 32, 33, 34, 36, 38, 39 и 40 гармонических составляющих напряжения фазы  $A$ , коэффициенты 2, 3, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 30, 32, 33, 34, 36, 38, 39 и 40 гармонических составляющих напряжения фазы  $B$ , коэффициенты 2, 3, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 30, 32, 33, 34, 36, 38, 39 и 40 гармонических составляющих напряжения фазы  $C$ . Кратковременно выходил за пределы нормально допустимых значений коэффициент четвертой гармонической составляющей напряжения по всем трем фазам. Гистограммы коэффициентов  $n$ -х гармонических составляющих напряжения  $K_{U(n)}$ , вышедших за пределы допустимых значений в фазах  $A$ ,  $B$  и  $C$ , представлены на рис. 1–3.



Рис. 1. Гистограмма коэффициентов  $n$ -гармонических составляющих напряжения фазы A на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи (ДЗ – действующее значение; НДЗ – нормально-допустимое значение; ПДЗ – предельно-допустимое значение)

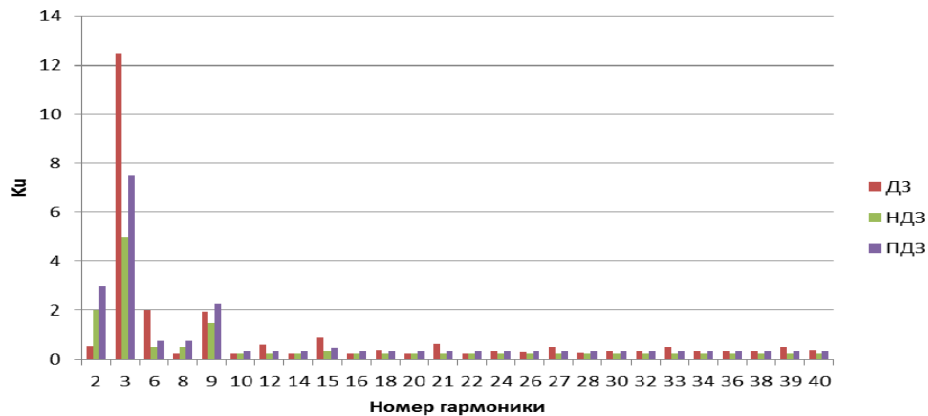


Рис. 2. Гистограмма коэффициентов  $n$ -гармонических составляющих напряжения фазы B на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи

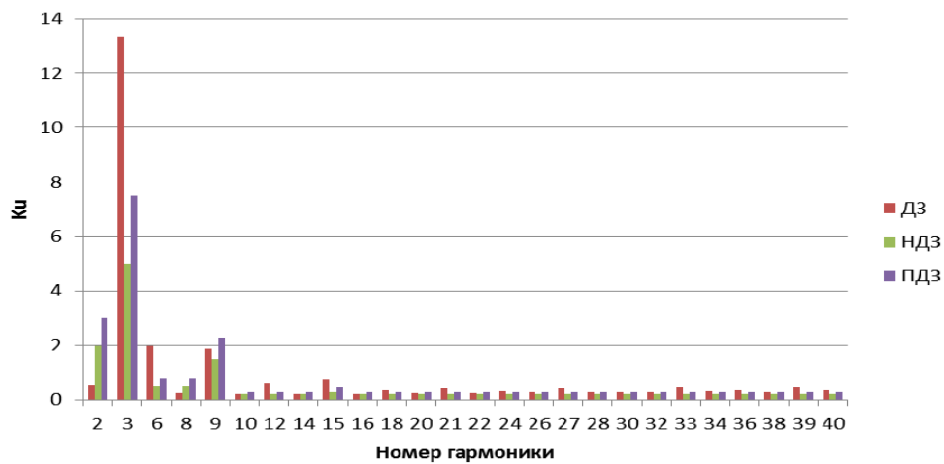


Рис. 3. Гистограмма коэффициентов  $n$ -гармонических составляющих напряжения фазы C на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи

Из анализа полученных экспериментальных данных для главного привода двигателя второй печи цементного завода можно сделать вывод, что практически все показатели качества электрической энергии выходили за пределы нормально или предельно допустимых значений, за исключением коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности  $K_{2U}$ , который находился в пределах нормально допустимых значений. Следовательно, для обеспечения электромагнитной совместимости данному предприятию необходимо принять меры по снижению уровня высших гармоник со 2-й по 9-ю включительно посредством установки компенсирующих устройств, а также привести остальные показатели качества электроэнергии в соответствие со значениями, нормируемыми ГОСТ 13109–97 с целью снижения потерь электроэнергии и времени нагрева печей отжига и садки.

#### Литература

1. Жежеленко, И. В. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях / И. В. Жежеленко, Ю. Л. Саенко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2005. – 261 с
2. Шваб, А. И. Электромагнитная совместимость : пер. с нем. / А. И. Шваб. – М. : Энергоатомиздат, 1995. – 480 с.
3. Шидловский, А. К. Высшие гармоники в низковольтных электрических сетях / А. К. Шидловский, А. Ф. Жаркин. – К. : Навукова Думка, 2005. – 209 с.

### **ВЛИЯНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА СОДЕРЖАНИЕ ГАРМОНИК ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Е. А. Якимов**

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

Научные руководители: Т. В. Алферова, А. А. Алферов

В настоящее время в качестве промышленного, магистрального и уличного освещения теперь тоже используются светодиодные приборы освещения [1]. Развитие отрасли вызвано не только тем, что с каждым годом компании разрабатывают все более и более мощные светодиоды. Дело в самой концепции построения светодиодного прибора.

Светодиодные ленты стали широко применяться в интерьерах для декоративного освещения полов, полок. Также светодиодные ленты обеспечивали эффективное зонирование помещений. Светодиодное осветительное оборудование стало все чаще применяться на подоконниках, потолках. А на улице ландшафтная подсветка, выполненная при помощи светодиодных технологий, могла не только украсить дорожку и подсветить приятным светом растения, но и совершенно изменить внешний вид сада в темное время суток.

Одним из важнейших преимуществ светодиодных светильников является экологическая безопасность, так как в состав светодиодов не входит ртуть, утилизировать их проще, а также гарантируется экологическая безопасность при производстве, пригодность для использования практически в любых системах освещения, а также возможность фокусировать и направлять световой поток в нужном направлении. Теперь мощный направленный свет может использоваться для освещения цехов, улиц, магистралей, фасадов и т. д. С одной стороны, компании-производители научились делать более мощные светодиоды, что расширило сферу их применения. С другой стороны, светодиод имеет нелинейную вольт-амперную характеристику, что приводит к появ-

лению гармоник тока и напряжения в системах электроснабжения. Любые приборы и оборудование с нелинейными характеристиками являются источниками гармоник в своей сети. Гармонические искажения и связанные с этим проблемы в электрических сетях становятся все более актуальными для распределительных сетей.

Снижение качества электроэнергии приводит к ряду негативных последствий: перегреву и разрушению нулевых проводников линий из-за перегрузки токами третьей гармоники, ускоренному старению изоляции, ложному срабатыванию автоматических выключателей вследствие дополнительного нагрева внутренних элементов защитных устройств [2].

Целью данной работы является исследование степени влияния светодиодных источников света на содержание гармоник тока и напряжения в системе электроснабжения при использовании различного количества светодиодных источников света ДПО 03-12-001 «ИКАР-03».

Для проведения эксперимента использовались светодиодные светильники ДПО 03-12-001 «ИКАР-03» в количестве от одного до двенадцати штук.

Выбор данного типа светильников обусловлен тем, что на сегодняшний день именно эти световые приборы приходят на смену наиболее распространенным светильникам с люминесцентными лампами низкого давления на ОАО «Интеграл» – управляющей компании холдинга «Интеграл».

Светильник выполнен на основе светодиодных модулей [3].

Основные технические характеристики светильника:

Номинальная частота 50 Гц, номинальное напряжение питания 230 В.

Максимальная потребляемая мощность – не более 20 Вт.

Ток, потребляемый из сети – не более 0,2 А.

Коэффициент мощности не менее – 0,9.

Светильник сертифицирован на соответствие требованиям электромагнитной совместимости СТБ ЕН 55105, СТБ ИЕС 61547, СТБ МЭК 61000-3-3.

На рис. 1 представлена вольт-амперная характеристика (ВАХ) исследуемого источника света.

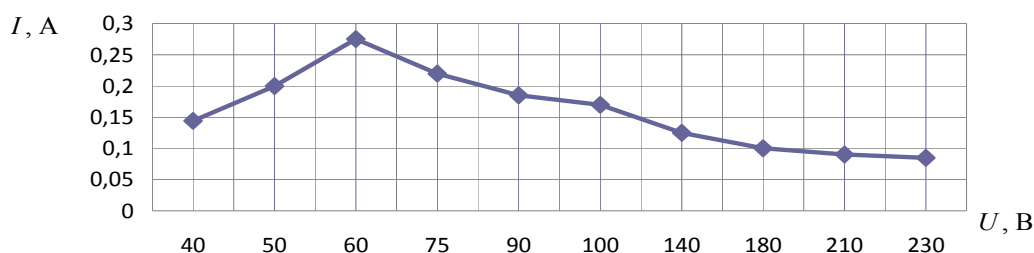


Рис. 1. ВАХ светодиодного светильника ДПО 03-12-001 «ИКАР-03»

Из анализа рис. 1 следует, что ВАХ исследуемого источника света имеет нелинейный характер. Напряжение зажигания и отключения светильника «ИКАР-03» составляет 40 и 60 В соответственно.

Кривые напряжения и тока были получены для разного количества одновременно работающих светильников «ИКАР-03». Для одного светильника кривые напряжения и тока приведены на рис. 2.

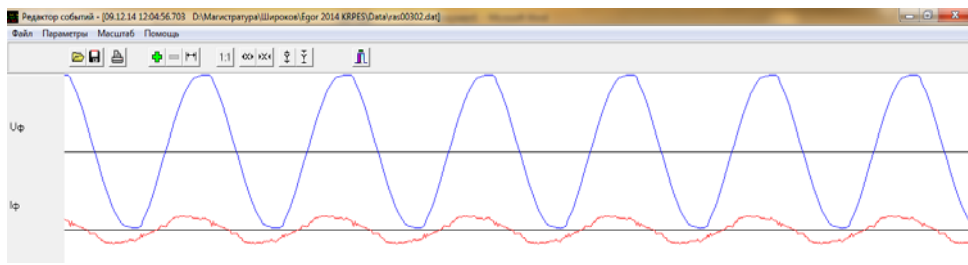


Рис. 2. Кривые напряжения и тока для одного светильника «ИКАР-03»

В спектрах кривых напряжения и тока преобладают нечетные гармоники.

Гистограммы спектрального состава напряжения и тока для одного светильника приведены на рис. 3 и 4 соответственно.



Рис. 3. Гистограмма спектрального состава напряжения одного светильника «ИКАР-03»

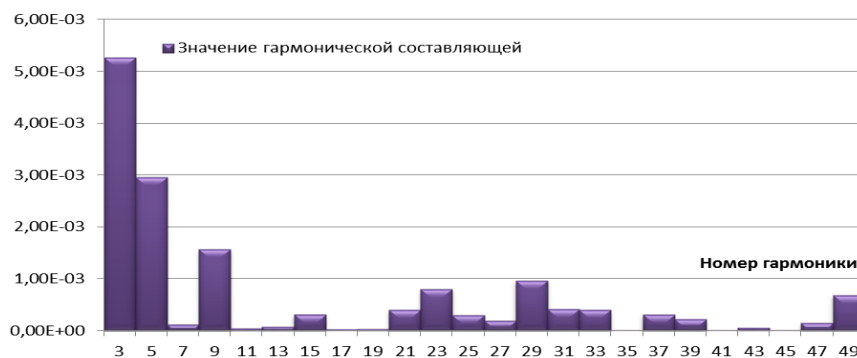


Рис. 4. Гистограмма спектрального состава тока одного светильника «ИКАР-03»

Из анализа графиков видно, что значение нечетных гармоник по кривым тока и напряжения с увеличением номера гармоники уменьшается во всем диапазоне частот, при этом доминирующими гармониками в этих светильниках являются третья и пятая.

Практический интерес представляет наблюдение за поведением тока и напряжения 3-й и 5-й гармоник при различном количестве светильников «ИКАР-03». Гис-



тограммы изменения третьей гармоники напряжения и тока от количества светильников приведены на рис. 5 и 6.

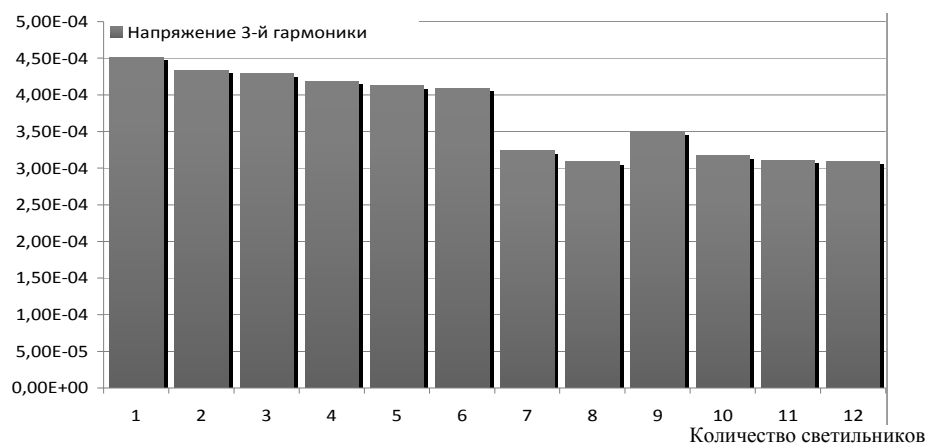


Рис. 5. Гистограмма третьей гармоники напряжения при различном количестве светильников «ИКАР-03»

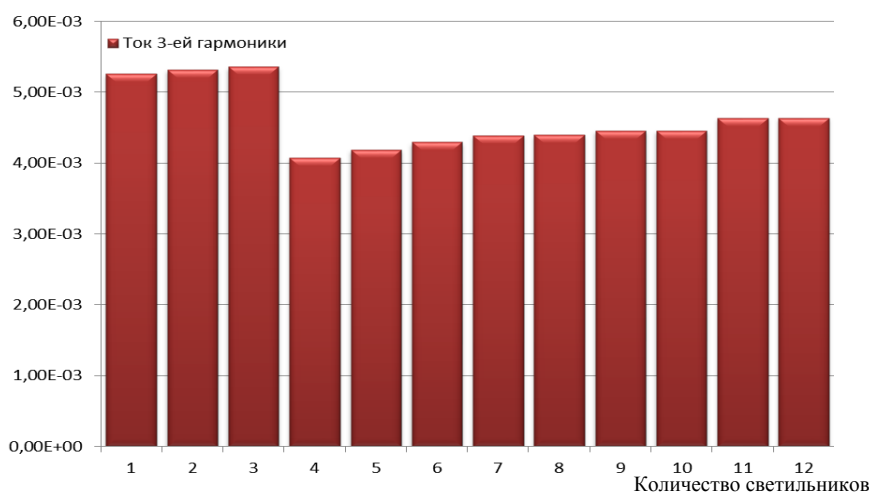


Рис. 6. Гистограмма третьей гармоники тока при различном количестве светильников «ИКАР-03»

Из анализа экспериментальных результатов следует, что при увеличении количества светильников «ИКАР-03» значения напряжения 3-й и 5-й гармоник уменьшаются, а значения тока 3-й и 5-й гармоник незначительно, но увеличиваются, что негативно сказывается на качестве электроэнергии, особенно для протяженных осветительных сетей.

#### Литература

1. Радкевич, В. Н. Электрическое освещение: справочник / В. Н. Радкевич, В. Б. Козловская, В. Н. Сацукевич. – Минск : Техноперспектива, 2007. – 255 с.
2. Кравцов, А. В. Качество электроэнергии в системах электроснабжения/ Показатели качества электроэнергии / А. В. Кравцов. – 2004. – Режим доступа: <http://khomovelectro.ru/articles/filtry-garmonik.html>. – Дата доступа: 20.11.2014.
3. Журавкин, А. Ш. Руководство по устройству электроустановок / А. Ш. Журавкин // Техн. решения SchneiderElectric. – 2013. – № 1. – С. 1–77.

## Секция IV ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

### ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ МАГНИТОВ

А. В. Карпов, В. А. Черехун

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

Научные руководители: А. В. Ковалев, В. А. Карпов

Доклад посвящен совершенствованию работы пропорциональных электрогидравлических систем в части повышения их точности функционирования за счет снижения влияния гистерезиса электропропорциональных магнитов. Электрогидравлические системы с пропорциональным управлением все шире используются в различных отраслях промышленности. Ключевым элементом, связывающим гидравлическую систему с электрическим сигналом управления, является электропропорциональный магнит (ЭПМ) [1]. Этот элемент представляет собой электропривод линейного перемещения. Но в отличие от традиционных приводов он имеет ряд характерных отличий, основные из которых следующие: неизменность усилия при заданном токе в пределах рабочего хода. Пропорциональность усилия рабочему току. Возможность работы якоря в зоне рабочей гидравлической жидкости под высоким давлением [2].

Известно, что от качества выполнения перечисленных отличий зависит точность электрического управления расходом рабочей жидкости – точность работы электрогидравлических систем (ЭГС). Между тем сведения и технические характеристики о электропропорциональных магнитах, доступные в открытых информационных источниках, ограничены характеристиками, достаточными при питании их постоянным током. Однако этот тип питания в данное время практически не используется ввиду его энергонеэффективности. В табл. 1 показаны технические характеристики электропропорционального магнита ПЭМ6 производства ОАО «Хвалынский завод гидроаппаратуры» [3].

*Таблица 1*

**Технические характеристики электропропорционального магнита**

Параметры	Значение
Максимальный рабочий ток, А	1,84
Рабочий ход якоря, мм	2
Номинальное тяговое усилие, Н, не менее	50
Гистерезис усилия, %, не более	6
Нелинейность характеристики усилия, %, не более	5
Масса электромагнита, кг, не более	0,6

Большинство современных ЭПМ управляются широтно-импульсным (ШИ) напряжением, а ток регулируется путем изменения скважности. При этом возникает

необходимость в знании параметров эквивалентной схемы замещения. С другой стороны, использование ШИМ приводит к появлению пульсации силы, передаваемой якорю, что приводит к эффекту вибрационной линеаризации. Данные о связи этих пульсаций с несовершенствами ЭПМ (гистерезис) и зависимости этих пульсаций от частоты и амплитуды ШИМ, используемой при питании ЭПМ, производитель ЭПМ не приводит. В связи с чем актуальна задача выяснения взаимосвязи результирующего гистерезиса с параметрами питающего ЭПМ напряжения.

Для исследования и определения эквивалентных электрических параметров электропропорционального магнита был разработан электродинамический стенд, функциональная схема которого представлена на рис. 1.

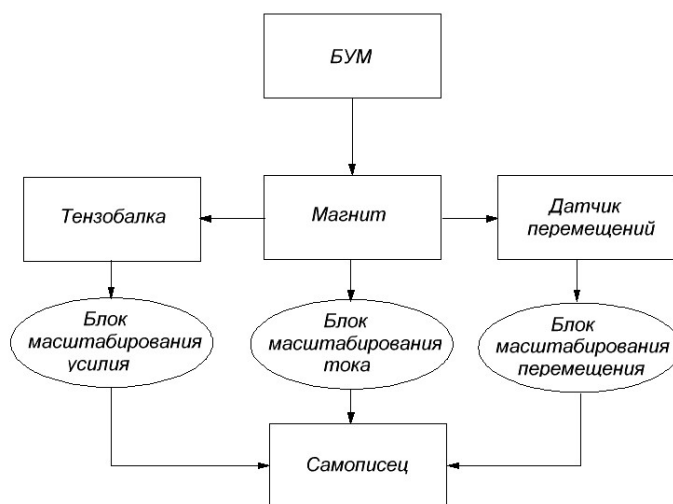


Рис. 1. Функциональная схема установки для проведения исследования

На рис. 2 представлена структурная схема стенда.

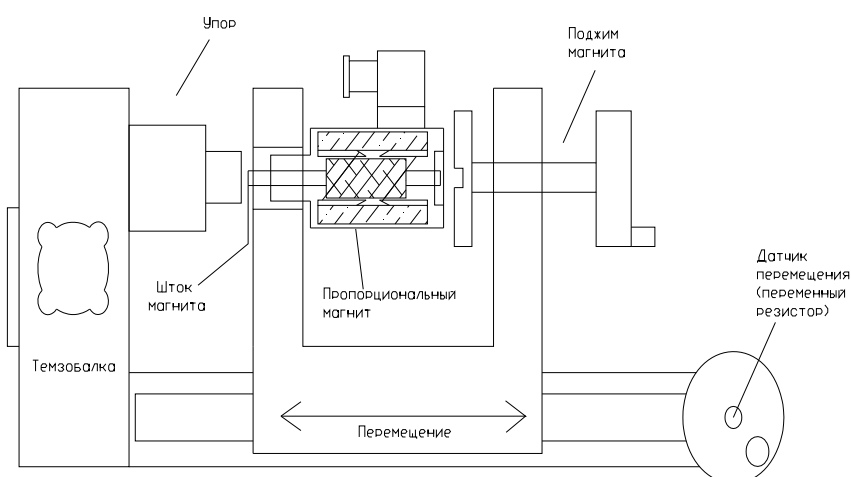


Рис. 2. Структурная схема стенда

С помощью разработанного стенда были произведены опыты на предмет исследования характеристик электропропорционального магнита при различных управляющих воздействиях.

В первом случае с помощью БУМ (блок управления магнитом) изменялось значение управляющего воздействия, измерялось значение результирующего тока на магните, а перемещение оставалось неизменным. График зависимости, полученной с помощью стенда, представлен на рис. 3.

Во втором случае неизменным оставалось значение управляющего воздействия, а шток магнита перемещался на расстояние, равное 3,5 мм, что соответствует его полному ходу в составе гидроаппаратуры. Значение результирующего тока на магните оставалось неизменным. График зависимости, полученной с помощью стенда, представлен на рис. 4.

Получаемые данные в виде массива отсчетов записываются на электронный самописец с помощью специальной программы.

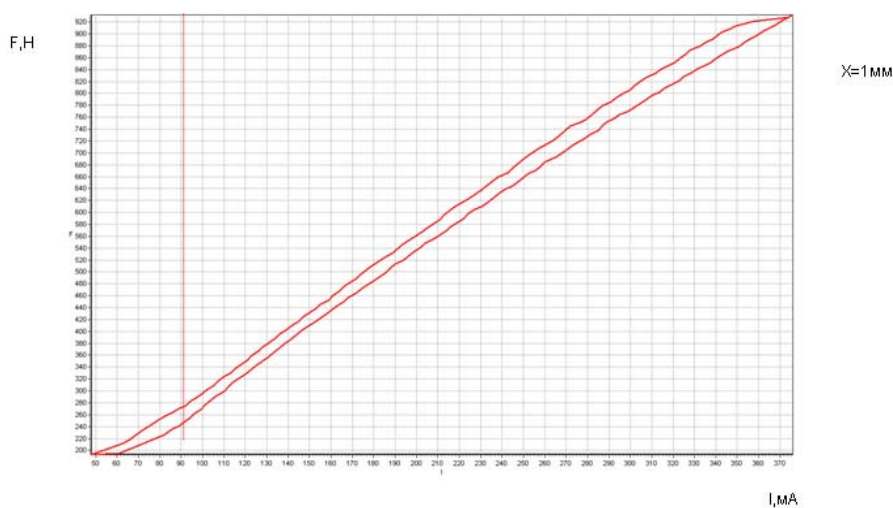


Рис. 3. Зависимость усилия от тока при заданном перемещении

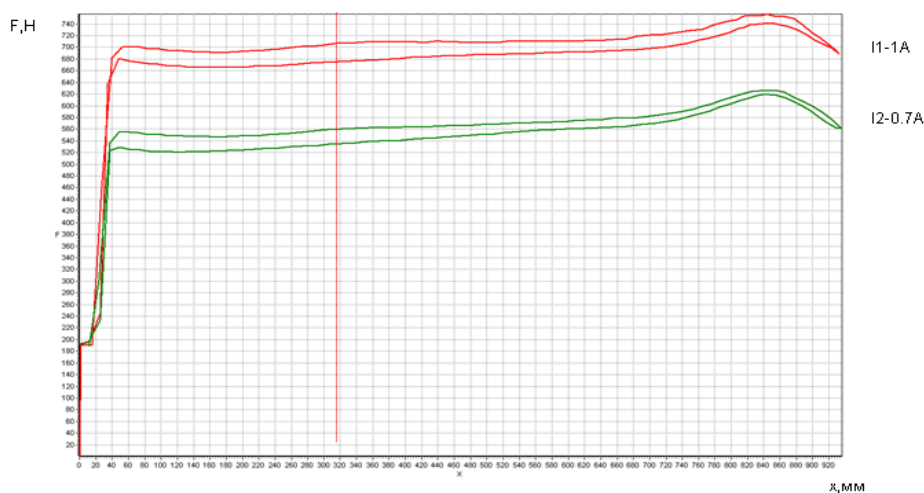


Рис. 4. Зависимость усилия от перемещения при заданном токе

В результате был разработан электродинамический стенд для исследования тяговых характеристик, гистерезиса электропропорционального магнита и влияния параметров управляющего воздействия на его рабочие характеристики, что позволит получить данные для создания эквивалентной электрической схемы замещения электропропорционального магнита в составе гидрооборудования.

#### Литература

1. Интеллектуальная гидравлика: приводы с пропорциональным управлением. – 2011. – Режим доступа: <http://konstruktor.net/podrobnее-hidr/items/intellektualnaja-gidravlika-privody-s-proporcionalnym-upravlenie.html>. – Дата доступа: 11.03.2014.
2. Scholz, D. Proportional hydraulics / D. Scholz. – Copyright by Festo Didactic GmbH & Co. – Denkendorf. – 2002. – 124 p.
3. ТУ-053-1916–90. Технические условия. Пропорциональные электромагниты.

### **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРООБОРУДОВАНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ ПЕСКОСОЛЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ДОРОЖНОЙ МАШИНЫ В АВТОМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ**

**В. А. Черехун, А. В. Карпов**

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

Научные руководители: А. В. Ковалев, В. А. Карпов

В настоящее время на автомобильных дорогах стран СНГ работает большое количество комбинированных дорожных машин (КДМ) с пескосолераспределяющими установками. С каждым годом растут требования к качеству распределения противоголедедных материалов (ПГМ) вне зависимости от скорости движения КДМ, состояния пескосольной смеси (ПСС) и других причин. Это, в свою очередь, ведет к снижению аварийности на дорогах. В типовой КДМ исполняющими рабочими органами пескосолераспределяющей установки служат разбрасывающий диск с гидромотором и транспортное или шнековое устройство подачи ПГМ, приводимое в движение гидромотором. Управление скоростью вращения гидромотора осуществляется, как правило, через пропорциональное изменение расхода гидрожидкости посредством управляемого гидроблока – регулятора расхода. Условно способы регулирования расхода гидрожидкости на КДМ можно разбить на ручной механический и электроуправляемый.

Аппараты с пропорциональным электроуправлением применяются в основном для дистанционного управления параметрами гидропривода [1]. Однако электроуправляемый регулятор расхода обладает рядом недостатков [2], сдерживающих их массовое внедрение на пескосолераспределителях КДМ:

- дороговизна гидросистем зарубежного производства и отсутствие своевременной технической поддержки и подменного фонда;
- для обслуживания и наладки пропорциональных электроуправляемых систем требуется высококвалифицированный персонал;
- влияние уровня технологической оснастки предприятия на повторяемость параметров выпускаемых элементов гидрораспределителей и стабильность их характеристик в период эксплуатации;
- влияние гистерезиса пропорционального магнита на характеристику регулирования расхода регулятора.

На данный момент проведено исследование по определению поведения реального регулятора потока в составе гидрооборудования КДМ. Изначально предполагалось, что гидромотор идеален, а на характер операции распределения ПСС оказывает влияние только регулятор расхода рабочей жидкости (РЖ). На рис. 1 представлена функциональная схема исследования 1.

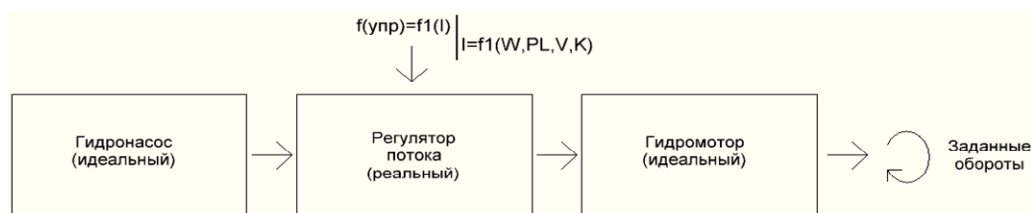


Рис. 1. Функциональная схема исследования 1

Управление регулятором осуществляется с помощью пропорционального магнита (ПМ). В ПМ происходит преобразование электрической энергии в механическую посредством осевого перемещения якоря ПМ, механически связанного с золотником гидроаппарата. При движении якоря существует сила трения  $F_{тр}$ , зависящая от конструктивных особенностей и качества, и изготовления магнита. Поскольку сила трения всегда направлена против движения якоря, то в характеристике  $F(x)$  (при  $I = const$ ) ПМ присутствует гистерезис, значение которого можно определить следующим образом:

$$\sigma = \frac{1}{2} \frac{\Delta F}{(F_{11} + F_{12})} 100\%, \quad (1)$$

где  $\Delta F$  – максимальная разность между силой, развиваемой при выдвигании  $F_{11}$  и втягивании  $F_{12}$ .

Потребитель и департамент дорог, как правило, задается следующими основными параметрами для КДМ: максимальная рабочая скорость движения КДМ; максимальная плотность пескосолераспределения; максимальная ширина распределения ПГМ. Для большинства типовых трассовых КДМ эти параметры, соответственно, следующие: 50 км/ч; 500 г/м<sup>2</sup>; 12 м. Для указанных выше параметров типовой максимальный расход на секцию подачи ПСС имеет значение около 45 л/мин. Предположив, что исполнительные рабочие органы идеальны, было получено семейство расчетных функций расхода жидкости секции подачи ПСС в зависимости от скорости движения КДМ и ширины разброса ПСС в автоматическом режиме, исходя из следующего выражения:

$$Q_{i,j} = KW_i PLV_j, \quad (2)$$

где  $Q_{i,j}$  – значение расхода секции подачи ПСС;  $K$  – коэффициент пропорциональности, учитывающий особенности конструкции подающего механизма ПГМ и его гидравлического привода;  $W_i$  – заданная ширина распределения ПГМ;  $PL$  – заданная плотность распределения;  $V_j$  – скорость движения шасси КДМ.

Однако на практике на работу разбрасывающей установки ПСС влияет КПД гидромотора, который не равен 100 % и зависит от температуры и типа рабочей жидкости (РЖ) [3]. Поэтому была произведена оценка воздействия этого фактора на

характеристики расхода РЖ гидромотором. Для этого была использована зависимость полного КПД гидромотора НШ-32 от температуры гидравлического масла на нефтяной основе ВМГЗ. На рис. 2, а приведено семейство расчетных характеристик расхода РЖ при ширине насыпки 4, 8, 12 м и при изменении скорости КДМ в присутствии гистерезиса ПМ и изменении КПД гидромотора в автоматическом режиме поддержания заданной плотности распределения. На рис. 2, б представлена расчетная зависимость приведенной погрешности распределения ПСС в зависимости от скорости движения КДМ и выбранной ширины распределения ПСС.

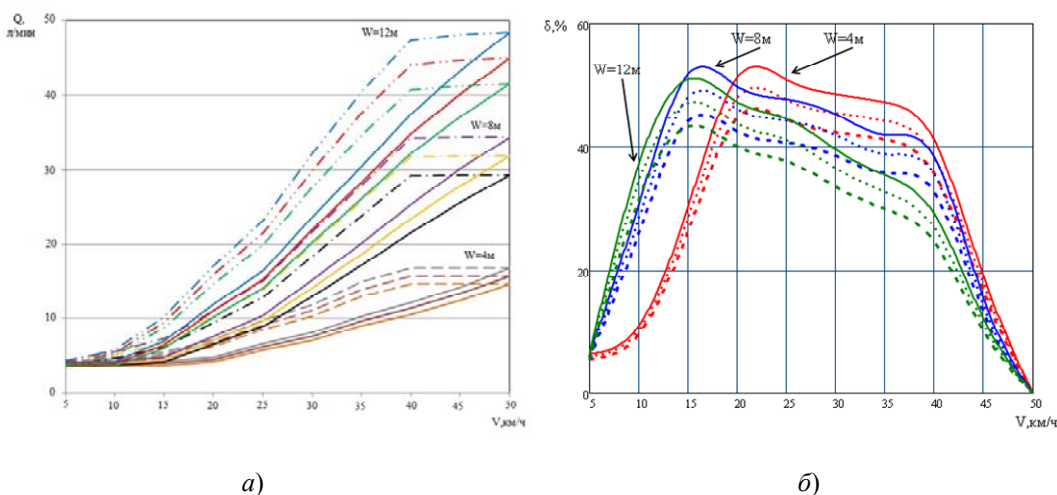


Рис. 2. Семейство характеристик расхода РЖ гидромотором и оценка приведенной погрешности

Таким образом, есть целесообразность ввода корректирующего воздействия по температуре РЖ на управляющий сигнал регулятора потока с применением программной корректировки этой температурной погрешности. На рис. 3 представлена функциональная схема планируемой корректировки температурной погрешности 2.

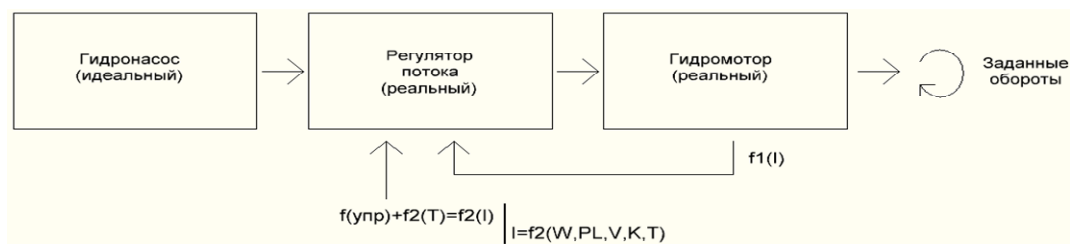


Рис. 3. Функциональная схема исследования 2

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- 1) гистерезис ПМ оказывает существенное влияние на погрешность распределения ПГМ в автоматическом режиме поддержания заданной плотности пескосоле-распределителя КДМ;
- 2) на значение погрешности распределения ПГМ оказывает влияние выбранный рабочий диапазон регулятора секции подачи ПГМ;

3) для уменьшения ошибки распределения ПГМ и сохранения заданных характеристик КДМ при наличии гистерезиса регулятора подачи ПГМ в автоматическом режиме необходимо сужать диапазон расходов регулятора и применять совместно с шибберной регулировкой выгрузного окна транспортера;

4) для уменьшения погрешности распределения ПГМ в автоматическом режиме на уровне требуемых 10 % и сохранения диапазона регулировки следует использовать ПМ с 3–4 % и менее значением гистерезиса в системах управления с обратной связью по току или применять более точные и дорогостоящие системы с обратной связью по положению золотника регулятора расхода;

5) на погрешность распределения ПГМ влияет КПД гидромотора, зависящее от температуры и типа рабочей жидкости. Таким образом на приведенную погрешность распределения ПГМ в присутствии гистерезиса ПМ накладывается дополнительная погрешность изменения КПД от температуры масла в размере  $\pm 3,5\text{--}4,5\%$  в диапазоне температур  $0\text{...}60^\circ$ ;

6) для уменьшения ошибки распределения ПГМ и сохранения заданных характеристик КДМ при наличии гистерезиса регулятора подачи ПГМ и изменении КПД от температуры масла, а также при возможном износе узлов гидрооборудования КДМ актуальна задача разработки алгоритма корректировки управляющего воздействия, учитывающего отмеченные несовершенства.

#### Литература

1. Интеллектуальная гидравлика: приводы с пропорциональным управлением. – 2011. – Режим доступа: <http://konstruktor.net/podrobnее-hidr/items/intellektualnaja-gidravlika-privody-s-proporcionalnym-upravlenie.html>. – Дата доступа: 11.03.2014.
2. Scholz, D. Proportional hydraulics / D. Scholz. – Copyright by Festo Didactic GmbH & Co. – Denkendorf. – 2002. – 124 p.
3. Никитин, О. Ф. Рабочие жидкости гидроприводов. Классификация, свойства, рекомендации по выбору и применению / О. Ф. Никитин. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. – 151 с. : ил.

### **РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЕНТИЛЯЦИОННЫХ РЕЖИМОВ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**

**А. С. Третьяков, О. А. Капитонов**

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

Научный руководитель Г. С. Ленеvский

Одним из важных факторов длительной и безотказной работы асинхронного электродвигателя является обеспечение номинального теплового режима работы. При этом важно, чтобы вентилятор обеспечивал расход воздуха, достаточный для эффективного вывода из двигателя тепловых потерь. Поэтому одним из пунктов испытаний двигателя должны быть тепловентиляционные испытания.

Для решения данной проблемы, а также для исследования тепловых режимов и вентиляторов электрических машин был разработан научно-исследовательский комплекс. Общий вид комплекса представлен на рис. 1.



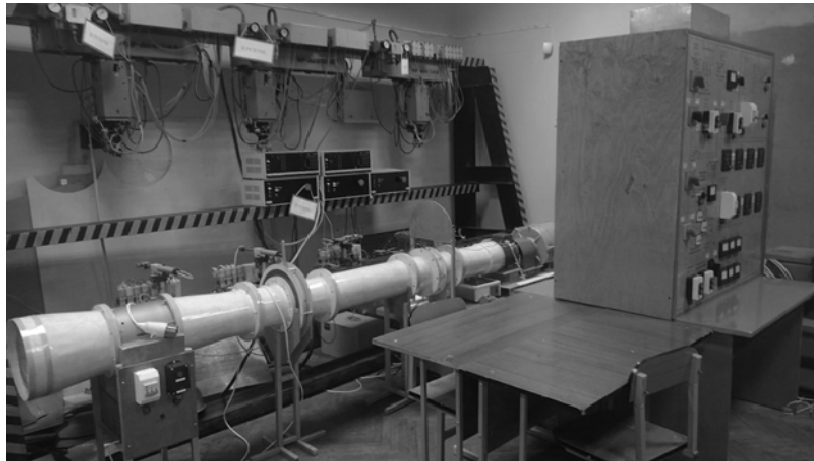


Рис. 1. Научно-исследовательский комплекс

Основными элементами стенда являются:

- станция управления;
- персональный компьютер;
- электромашинный агрегат;
- аэродинамическая труба.

Станция управления предназначена для формирования режимов работы испытуемого электродвигателя, снятия измеряемых параметров и передачи их далее на персональный компьютер.

В станции управления предусмотрено несколько источников питания для испытуемого электродвигателя:

- цепь трехфазного синусоидального напряжения (прямой пуск и пуск на пониженном напряжении);
- система «Преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель» («ПЧ–АД»);
- система «Асинхронный преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель» («АПЧ–АД»);
- система «Тиристорный преобразователь напряжения – асинхронный электродвигатель» («ТРН–АД»).

Электромашинный агрегат представляет собой два двигателя – испытуемый и двигатель постоянного тока с независимым возбуждением – объединенные на общий вал. Нагрузка на вал создается регулированием потока в обмотке возбуждения двигателя постоянного тока.

Аэродинамическая труба – это установка для исследования вентиляционных режимов асинхронного электродвигателя. В ее состав входят:

- воздушный нагнетатель;
- диафрагма регулирующая;
- струевыпрямитель;
- диафрагма измерительная.

Ввиду большой длины трубы наблюдается недостаток объема воздуха для охлаждения испытуемого электродвигателя. Для увеличения объема воздуха, а также его регулирования на входе трубы используется воздушный нагнетатель.

Для того чтобы регулировать расход воздуха в пределах всей трубы, используется регулирующая диафрагма. Регулирование расхода происходит за счет изменения поперечного сечения аэродинамической трубы.

Для точного измерения контрольных параметров вентилятора и вентиляционной сети испытуемого электродвигателя необходимо, чтобы в зоне измерения поток воздуха был однородным и ламинарным. Для достижения этой цели используется струевыпрямитель – участок трубы, в котором смонтирована система сеток для выпрямления потока воздуха.

Диафрагма измерительная представляет собой узел, в котором происходит измерение контрольных параметров согласно ГОСТ 10921–90. Измерительными элементами являются:

- датчик давления;
- датчик расхода;
- датчик температуры;
- анемометр.

В качестве измерительного элемента давления воздушного потока выступает пневмоэлектрический преобразователь давления типа РС-28G, расхода воздуха – преобразователь разности давлений газов APR-2000G. Датчик температуры устанавливается в трубе на расстоянии двух диаметров вентилятора от начала трубы. Все три датчика подключаются к расходомеру ОВЕН РМ-1. Расходомер РМ-1 представляет собой средство для измерения расхода и давления воздуха вентилятора в режиме он-лайн. Для передачи и обработки массива данных на персональном компьютере используется ключ типа «i-button».

Для измерения скорости потока воздуха в аэродинамической трубе используется анемометр.

Конечным итогом экспериментальных исследований является построение семейства аэродинамических характеристик испытуемого вентилятора.

На основании [1] была разработана методика расчета аэродинамических характеристик, на основе которой проводится верификация экспериментальных данных.

Для измерения температурных режимов используются датчики температуры (термопары), монтируемые на испытуемый электродвигатель. Эти датчики подключаются к двухканальным измерителям ТРМ-200. Далее эти приборы объединяются в сеть RS-485. Для согласования приборов с персональным компьютером используется преобразователь интерфейсов АСЗ-М.

Для отображения экспериментальных данных на персональном компьютере используется SCADA – система Grace Mode v5. На ее базе был создан тренд, в котором данные отображаются в текстовой и графической форме.

Для измерения температуры обмотки статора используется опыт «вольтметр–амперметр».

Конечным итогом проведения тепловых испытаний является построение кри-вых температур отдельных узлов испытуемого электродвигателя.

На основании [2], [3] была разработана методика расчета тепловых режимов, на основе которой проводится верификация экспериментальных данных.

Для создания цифровой автоматизированной системы управления, контроля, индикации и измерения контрольных сигналов, управляемой на персональном ПЛК 110-220.60.Р-М совместно с архиватором данных МСД200. Такая система позволяет проводить автоматизированный эксперимент без участия человека.

Данный комплекс позволяет также проводить следующие виды измерений/испытаний/исследований:

- исследование работы испытуемого электродвигателя в системе «ТРН–АД»;
- исследование работы испытуемого электродвигателя в системе «ПЧ–АД»;
- исследование работы испытуемого электродвигателя в системе «АПЧ–АД»;
- исследование электромагнитной совместимости.

## Литература

1. Виноградов, В. И. Вентиляторы электрических машин / В. И. Виноградов. – Л. : Энергоиздат., Ленингр. отд-ние, 1980. – 200 с. : ил.
2. Асинхронные двигатели общего назначения / Е. П. Бойко [и др.] ; под ред. В. М. Петрова и А. Э. Кравчика. – М. : Энергия, 1980. – 254 с.
3. Филлипов, И. Ф. Основы теплообмена в электрических машинах / И. Ф. Филлипов. – Л. : Энергия, 1974. – 312 с.

## ДАСЛЕДАВАННЕ ЎМОЎ ПЕРАДАЧЫ ІНФАРМАЦЫЙНЫХ СІГНАЛАЎ У НАФТАПРАВODЗЕ

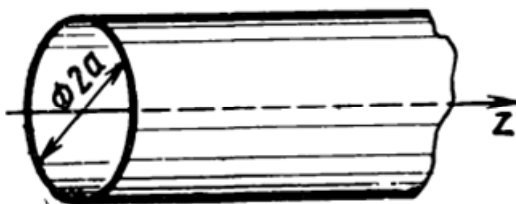
А. В. Мельнікаў

*Установа адукацыі «Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт імя П. В. Сухого», Беларусь*

Навуковыя кіраўнікі: Ю. В. Крышнёў, М. І. Вяхіраў

Разлік параметраў перадачы інфармацыйных сігналаў у нафтаправодзе зводзіцца да даследавання параметраў круглага металічнага хвалявода. Зробім разлікі неабходнай даўжыні хвалі і каэфіцыента згасання для аднастайнага дыэлектрычнага запаўнення, а таксама ідэалізуем трубаправод.

Круглы металічны хвалявод (мал. 1) уяўляе сабой трубу з унутраным радыусам  $a$  [1].



Мал. 1. Круглы металічны хвалявод

Асноўным тыпам хвалі ў круглым хваляводзе з'яўляецца хваля  $H_{11}$ . У круглым хваляводзе не могуць распаўсюджвацца электрамагнітныя калыханні з даўжынёй хвалі  $\lambda_0 > 3,41a$ . Хвалявод пры гэтым аказваецца ў рэжыме адсечкі. У інтэрвале даўжынь хваль  $2,61a < \lambda_0 < 3,41a$  хвалявод працуе ў аднахвалявым рэжыме, гэта значыць прапускае толькі асноўны тып хвалі  $H_{11}$  [1]. Радыус найбольш шырока выкарыстоўванага на нафтаправодзе «Дружба» трубаправода – 0,4 м, адсюль атрымліваем працоўны дыяпазон  $1,044 < \lambda_0 < 1,364$ , м.

Згасанне амплітуд, тое, што адбываецца пры праходжанні хваляй шляху  $l$ , характарызуецца суадноснасцю:

$$H_m(z) / H_m(z+l) = e^{-\alpha l}.$$

Згасанне амплітуд  $L$ , прадстаўленае ў дэцыбелах (дБ), вызначаецца як:

$$L = 20 \lg(H_m(z) / H_m(z+l)) = 20 \cdot \alpha \cdot l \cdot \lg(e) = 8,686 \cdot \alpha \cdot l.$$

Калі ў адпаведнасці з гэтай суадноснасцю ўвесці вымярэнне каэфіцыента згасання ў дэцыбелах на метр (дБ/м) і пазначыць яго праз  $\alpha'$ , атрымліваем:

$$\alpha' = \frac{L}{l} = 8,686\alpha.$$

Для разлику каэфіцыента згасання вылічальным шляхам задамо атрыманы дыяпазон хваляў з інтэрвалам 0,02 м і ўлічым, што даўжыня хвалі ў асяроддзі з параметрамі матэрыялу, які запаўняе хвалявод, разлічваецца па формуле  $\lambda = \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon\mu}}$  [2].

Для нафты  $\epsilon = 2$ ,  $\mu = 1$ .

Крытычная даўжыня хвалі для трубаправода з радыусам 0,4 м:

$$\lambda_{\text{кр}} = \frac{2\pi a}{1,841} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4}{1,841} = 1,365 \text{ м.}$$

Характарыстычнае супраціўленне асяроддзя, якое запаўняе хвалявод:

$$Z_c = 120\pi \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}, \text{ Ом.}$$

Характарыстычнае супраціўленне хвалявода:

$$Z_v = \frac{Z_c}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_{\text{кр}}}\right)^2}}, \text{ Ом.}$$

Каэфіцыент згасання, абумоўлены стратамі ў дыэлектрыку:

$$\alpha_d = \frac{\pi}{\lambda} \text{tg} \delta \frac{Z_v}{Z_c}, \text{ 1/м.}$$

Экстрапалюючы графік залежнасці дыэлектрычнай пранікальнасці нафты ад частаты [3] для нафты на неабходнай нам частаце  $\text{tg} \delta \approx 0,0002$ . Актыўнае павярхоўнае супраціўленне металу з праводнасцю  $\sigma$ :

$$R_s = \sqrt{\frac{\omega\mu_a}{2\sigma}},$$

дзе  $\omega$  – вуглавая частата крыніцы калыханняў;  $\mu_a$  – абсалютная магнітная пранікальнасць матэрыялу сталі трубаправода.

Каэфіцыент згасання, абумоўлены стратамі ў металічных сценах круглага хвалявода, разлічваецца па формуле

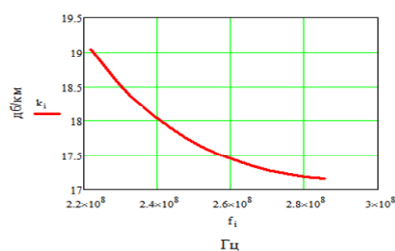
$$\alpha_m = \frac{R_s}{Z_c \cdot a \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_{\text{кр}}}\right)^2}} \left[ \frac{m^2}{\eta^2 - m^2} + \left(\frac{\lambda}{\lambda_{\text{кр}}}\right)^2 \right],$$

дзе для хвалі  $H_{11}$   $m = 1$  і  $\eta = 1,841$ .

Агульны каэфіцыент згасання з'яўляецца сумай каэфіцыентаў згасання ў дыэлектрыку і метале:

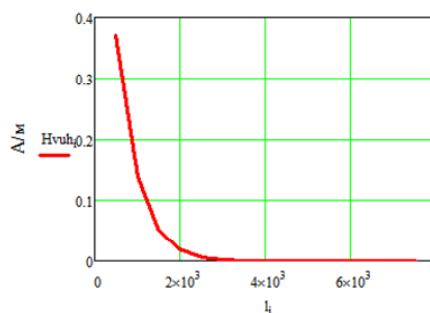
$$\alpha = \alpha_{\text{д}} + \alpha_{\text{м}}.$$

На мал. 2 прадстаўлена залежнасць агульнага каэфіцыента згасання ад частаты на 1 км.



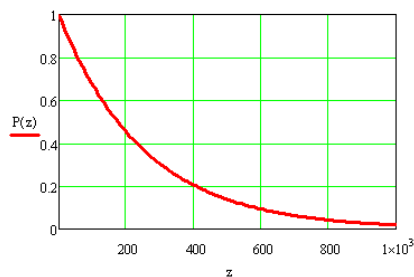
Мал. 2. Графік залежнасці агульнага каэфіцыента згасання ад частаты

Графік залежнасці напружанасці поля  $H$  ад адлегласці адлюстраваны на мал. 3. Зыходнае значэнне  $H(z) = 1$ , А/м.



Мал. 3. Графік залежнасці напружанасці поля  $H$  ад адлегласці

Графік згасання сігнала магутнасцю 1 Вт за 1 км прадстаўлены на мал. 4.



Мал. 4. Графік згасання сігнала магутнасцю 1 Вт за 1 км

Як відаць з графікаў, каэфіцыент карыснага дзеяння для перадачы інфармацыйных сігналаў у нафтаправодзе вельмі нізкі. Па атрыманых у ходзе разліку даных, за 1 км захоўваецца менш за 2 % ад зыходнай магутнасці. Асноўны ўплыў на страты аказвае матэрыял трубаправода.

## Літаратура

1. Баскаков, С. И. Электродинамика и распространение радиоволн : учеб. пособие для вузов по спец. «Радиотехника» / С. И. Баскаков. – М. : Высш. шк., 1992.
2. Соловьянова, И. П. Волноводы и объемные резонаторы : метод. указания к решению задач по курсу «Электродинамика и распространение радиоволн» / И. П. Соловьянова, С. Н. Шабунин. – Екатеринбург : УГТУ, 1999.
3. Сусарев, С. В. Определение содержания воды и металлосодержащих микроэлементов в нефти в потоке трубопровода / С. В. Сусарева, В. Н. Астапов. – Вестн. Самар. гос. техн. ун-та. Сер., Техн. науки. – 2011. – № 1 (29) – С. 233–237.
4. Джексон, Дж. Классическая электродинамика / Дж. Джексон : пер. с англ. Г. В. Воскресенского и Л. С. Соловьева ; под ред. Э. Л. Бурштейна. – М. : Мир, 1965. – 703 с.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ  
МЕТОДОВ НЕПРЕРЫВНОЙ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ  
ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ  
НА ОАО «БМЗ – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БМК»**

**Н. А. Самсонов**

*ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Беларусь*

Научный руководитель В. С. Захаренко

**Введение**

Внезапный выход из строя высоковольтных асинхронных электродвигателей предприятия может вызвать аварии и длительные простои производства, что, в свою очередь, приведет к прямым финансовым потерям предприятия, которые вызваны нарушением технологического процесса, затратами на восстановление и ремонт электродвигателя. В рамках ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» (далее – БМЗ) это приведет также и к штрафам за нарушение экологического законодательства Республики по причине отсутствия работоспособной системы пылегазоудаления (ПГУ), где применяются электродвигатели большой мощности.

**Целью работы** является анализ современного состояния и перспектив развития методов непрерывной диагностики состояния высоковольтных асинхронных электродвигателей с установлением возможности их интеграции в системы ПГУ БМЗ.

**Основная часть**

Современные методы диагностики электродвигателей делятся на две группы.

К первой группе относятся методы тестовой диагностики, требующие формирования искусственных возмущений, воздействующих на электродвигатель:

- измерение сопротивления изоляции, токов утечки, внутреннего сопротивления обмоток, тангенса угла диэлектрических потерь обмоток;
- метод высоковольтного импульса [1].

Вторая группа включает в себя методы оперативной и функциональной диагностики состояния:

- вибродиагностика (спектральный анализ вибрации, низкочастотных колебаний мощности вибрации; диагностика по среднеквадратичному значению вибросигнала);
- оценка диагностических параметров (пик-фактор, резкость, относительная величина ударных импульсов);
- ультразвуковая дефектоскопия и акустическая диагностика;
- спектральный анализ потребляемого тока.

Кроме этого, каждая группа делится на две подгруппы – это методы, позволяющие выявить неисправность в целом, и методы, выявляющие и локализирующие конкретный дефект.

Недостатком методов тестовой диагностики является тот факт, что они способствует не только предупреждению развития различных дефектов, но и их появлению [2]. Примером могут служить высоковольтные испытания, после планово-принудительных ремонтов, вызывая появление в обмотке электродвигателя микродефектов, развивающихся в процессе работы под влиянием неблагоприятных факторов. Основным недостатком является необходимость временной остановки работы проверяемого электродвигателя [3].

Контроль состояния электродвигателя методом вибродиагностики имеет основной недостаток в виде необходимости использования датчиков и сложности их установки [4].

Недостатком метода спектрального анализа потребляемого тока является возможность получения неверных результатов из-за появления ложных гармоник сигнала при различных помехах электрической сети, с подключенным к ней электродвигателем [5].

Перспективными методами диагностики состояния электродвигателей являются бесконтактные методы в совокупности с математической моделью работы двигателя.

Суть метода контроля и анализа параметров электродвигателя в комплексе с математическим моделированием его работы заключается в том, что математическая модель имеет динамический характер, обусловленный постоянным обновлением текущих параметров электродвигателя, с целью прогнозирования его последующего состояния (выявления возможных дефектов, влияющих на его ресурс). Иными словами, осуществляется диагностика оборудования по его текущему состоянию для определения предаварийного состояния электродвигателя.

Преимущество данного подхода заключается в том, что ремонт производится только для того оборудования, которому он необходим, оценка состояния производится в процессе эксплуатации, без каких-либо разборок и ревизий, на базе контроля и анализа соответствующих параметров. Затраты на техническое обслуживание электродвигателей снижаются по сравнению с обслуживанием по системе планово-предупредительных ремонтов с остановкой оборудования.

В рамках БМЗ эксплуатируются высоковольтные асинхронные электродвигатели мощностью от 1,4 до 2 МВт в системах ПГУ электросталеплавильных цехов. Возраст таких двигателей различен, наиболее старшими из них являются электродвигатели ПГУ-2 1984 г. выпуска.

Контроль состояния эксплуатируемых электродвигателей осуществляется методом вибрационного контроля посредством планово-принудительных ремонтов, осуществляющихся 1 раз в квартал (рис. 1). Внеплановая диагностика осуществляется сразу после проведения ремонтных работ, при замене какого-либо узла электродвигателя. Критерием оценки служат границы зон вибрационного состояния для электромашин 1 группы.

На рис. 1 виден неравномерный характер временных промежутков между проведенными ремонтными работами над электродвигателем ПГУ-2. Пиковое значение между 10.01.2006–15.01.2007 обусловлено полной остановкой производства на данном участке и не учитывалось при дальнейших расчетах. Также в связи с непрерывным характером металлургического производства БМЗ в некоторые промежутки времени возможность проводить плановые ремонтные работы отсутствует до появления окна в работе основного оборудования.



Рис. 1. Временные промежутки между ремонтами высоковольтного асинхронного двигателя мощностью 1,6 МВт в системе пылегазоудаления электросталеплавильного цеха № 2

С учетом перечисленных факторов среднее значение временного промежутка между ремонтами электродвигателя ПГУ-2 составило 88 дней.

### Заключение

Видна актуальность проблемы разработки и усовершенствования методов и средств диагностирования технического состояния асинхронных высоковольтных электродвигателей системы ПГУ БМЗ. Использование для этого математической модели позволит уйти от устоявшейся системы планово-предупредительных ремонтов к системе ремонтов по текущему состоянию с последующим прогнозированием будущего состояния электродвигателя и снизить затраты на его техническое обслуживание.

### Литература

1. Дубов, А. А. Проблемы оценки остаточного ресурса стареющего оборудования / А. А. Дубов // Теплоэнергетика. – 2003. – № 11.
2. Бобров, В. В. Оценка эффективности основных методов диагностики асинхронных электродвигателей / В. В. Бобров // АлтГТУ им. И. И. Ползунова. Ползунов. вестн. – 2012. – № 3/1.
3. Коверженко, Г. Г. Высоковольтные импульсные испытания электрических машин / Г. Г. Коверженко // Энергетик. – 2006. – № 7.
4. Браташ, О. В. Анализ методов вибродиагностики асинхронных двигателей / О. В. Браташ, А. П. Калинов // Вестн. Кременчуг. гос. политехн. ун-та. – 2006. – № 4. – Кременчуг: КДПУ.
5. Петухов, В. Диагностика состояния электродвигателей. Метод спектрального анализа потребляемого тока / В. Петухов, В. Соколов // Новости электротехники. – 2005. – № 1. – М.

## ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АСИНХРОННО-ВЕНТИЛЬНОГО КАСКАДА В MATLAB SIMULINK

И. В. Дорошенко

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

Целью исследований является построение имитационной модели асинхронно-вентильного каскада (АВК) для моделирования подобных систем электропривода и анализа электромагнитной совместимости данных систем электропривода.

На основании уравнений имитационной модели [1], с учетом функциональных схем асинхронно-вентильного каскада [2], [3] в программе Matlab Simulink была составлена модель (рис. 1), по которой произведен расчет токов статора и тока рекуперированного в сеть через роторную цепь, а также произведен расчет потребляемой и рекуперированной в сеть мощности.



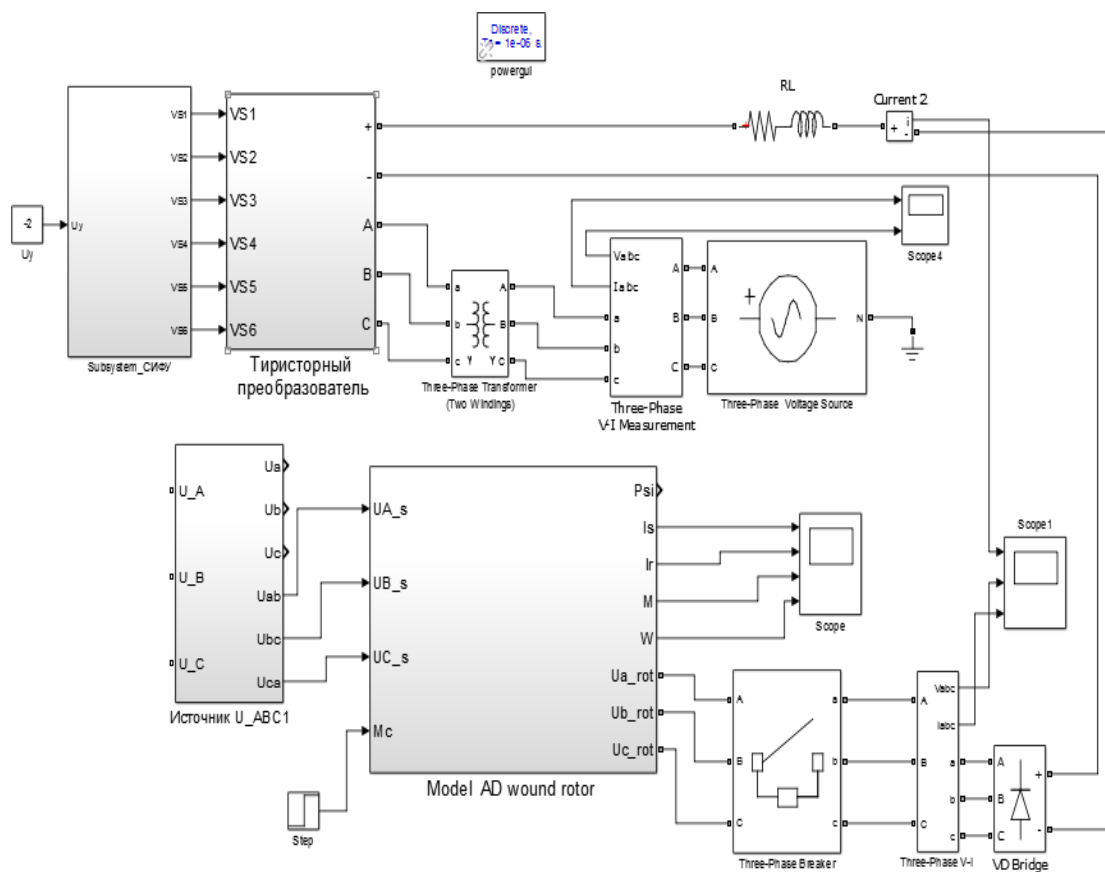


Рис. 1. Имитационная модель асинхронно-вентильного каскада в Matlab Simulink

В качестве модели асинхронного двигателя с фазным ротором была использована разработанная автором трехфазная модель двигателя, составленная на основании математического описания обобщенной электрической машины (через производные токов и потокосцеплений). Данная модель асинхронного двигателя позволяет исследовать динамику при питании статора двигателя от автономного инвертора и при несимметричных схемах включения, когда необходимо работать с линейными напряжениями. Модель трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором в Matlab Simulink представлена на рис. 2. Исследования АВК проводились на основе асинхронного двигателя с фазным ротором МТФ-112-6 мощностью 5 кВт.

В докладе приводятся результаты проведенных исследований, в частности, представлены особенности имитационного моделирования асинхронно-вентильного каскада для случаев с необходимостью учета процессов коммутации в источнике питания. Приведены особенности работы с такими моделями, полученные в ходе апробации.

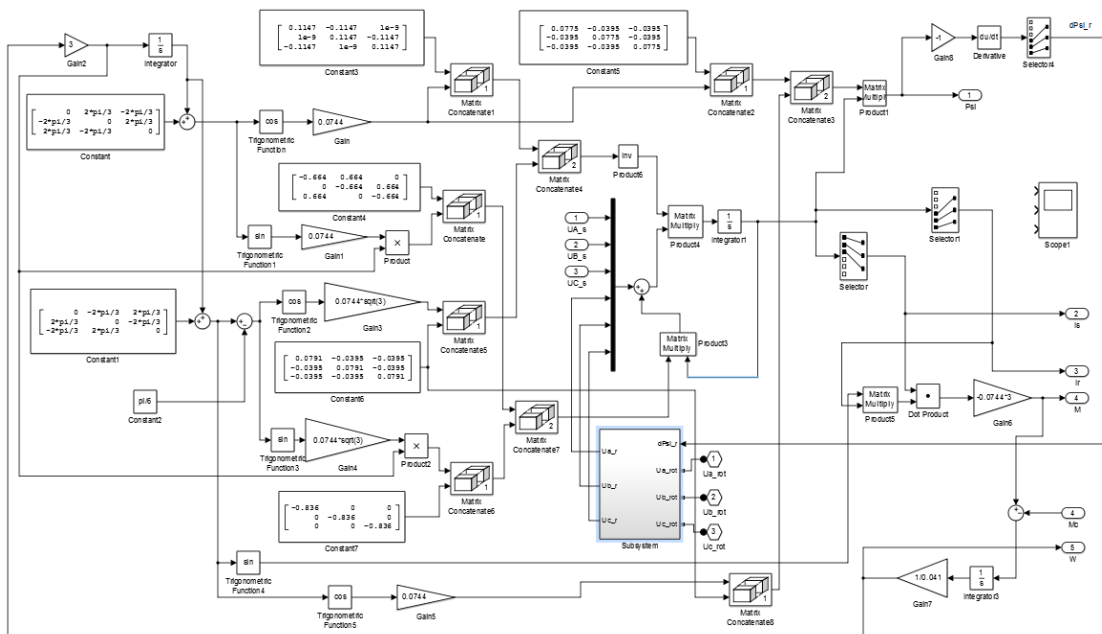


Рис. 2. Модель трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором в Matlab Simulink

Переходные процессы пуска АВК и работы под нагрузкой представлены на рис. 3.

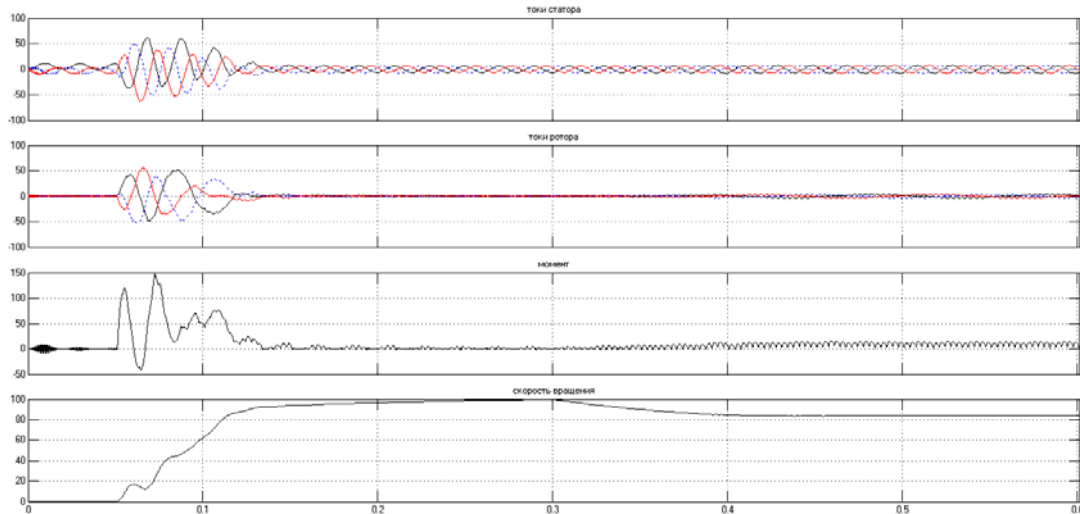


Рис. 3. Диаграммы токов статора и ротора, момента и скорости вращения при пуске двигателя и набросе момента нагрузки

#### Литература

1. Захаренко, В. С. Особенности имитационного моделирования асинхронного двигателя для составления модели с учетом коммутации и при несимметричных схемах включения / В. С. Захаренко, И. В. Дорошенко // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2011. – № 3. – С. 66–74.
2. Фираго, Б. И. Теория электропривода : учеб. пособие / Б. И. Фираго, Л. Б. Палявчик. – Минск : Техноперспектива, 2004. – 527 с.

3. Онищенко, Г. Б. Электрический привод : учеб. для вузов / Г. Б. Онищенко. – М. : РАСХН, 2003. – 320 с.

## СИСТЕМА МОНИТОРИНГА МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Е. А. Ильюшиц

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

Научные руководители: Ю. В. Крышнев, А. В. Сахарук

В условиях современных рыночных отношений белорусские предприятия пытаются уменьшить затраты, связанные с основным видом деятельности путем сокращения дополнительных статей, связанных с транспортировкой, доставкой продукции (сырья).

Существующий опыт управления транспортными перевозками показывает, что традиционные способы повышения эффективности перевозок и снижения затрат в значительной степени себя исчерпали и нужны новые способы и технические решения, которые позволят оперативно принимать решения и снизить затраты на доставку продукции.

Контроль местонахождения транспорта является важной задачей в области логистики грузоперевозок (рис. 1). Необходимо контролировать маршрут согласно выписанному путевому листу, постоянно следить за выполнением маршрутов, автоматически фиксировать различия между запланированными и фактическими событиями маршрутов. Система мониторинга позволит диспетчерам контролировать и оптимизировать работу автопарка и оперативно принимать решения, имея точную информацию о расположении и состоянии автомобиля [1].

Целью данной работы является создание информационной системы мониторинга местоположения транспортных средств, которая решает ряд задач, таких, как:

- обнаружение отклонений от установленных маршрутов и графиков следования;
- оптимизация графиков и маршрутов движения автотранспорта;
- анализ скоростных характеристик движения и пройденного пути;
- контроль продолжительности рабочего дня водителей и времени использования автотранспорта;
- контроль соблюдения водителями заданных адресов погрузки/выгрузки;
- оперативный контроль состава автомобилей в смене;
- учета количества рейсов каждого водителя для начисления заработной платы;
- устранение разногласий между заказчиком и грузоперевозчиком;
- оперативная визуализация информации на карте и получение отчетности для аналитики;
- планирование технического обслуживания по каждому автомобилю;
- возможность проводить соответствующие пробегу списания ГСМ;
- выявление нецелевого использования транспорта;
- предотвращение попытки угона транспортных средств.

Все вышеперечисленное поможет автопаркам не только минимизировать затраты на каждую единицу транспорта, упростить контроль работы автопарка, но и уменьшить количество автомобилей на линии благодаря повышению эффективности работы при меньшем количестве машин [2].

На постсоветском пространстве существует ряд компаний, которые предоставляют системы для мониторинга автотранспорта с использованием технологий GPS/ГЛОНАСС [3].

У каждой из существующих систем есть как свои достоинства, так и недостатки. Некоторые системы обладают богатой функциональностью, но при этом у пользователей возникают сложности при работе с интерфейсом, который зачастую перегружен или работает не так быстро, как хотелось бы. Где-то не всегда точно отображаются треки, фиксируются ложные сливы топлива, есть неточность определения координат передвижения транспорта, резкие скачки и движение, исходя из координат, при условии, что объект стоит на месте и никуда не движется, и т. д.

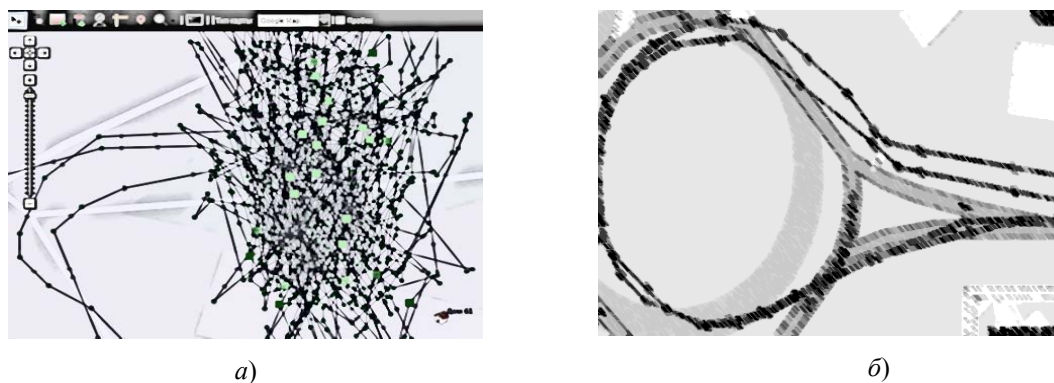


Рис. 1. Координаты автомобиля, находящегося на одном месте в течение нескольких часов (а); траектория движения автомобиля по трассе (б)

Для устранения данных проблем используются GPS/Глонасс совместно с определением координат по базовым станциям сотовых операторов. Данный метод совместно с математическими корректировками алгоритмов обработки данных позволяет устранить недостатки существующих систем навигации, повысить точность определения координат и, более того, повышает надежность всей системы мониторинга за транспортом [4]. Если по каким-либо причинам одна из спутниковых навигационных систем выйдет из строя или потеряет связь со спутниками, оставшиеся будут поддерживать работу и продолжать слежение.

Система мониторинга местоположения автотранспорта состоит из аппаратной и программной части по сбору и анализу навигационных и иных данных, получаемых от измерительного блока, подключенного к бортовому компьютеру автомобиля. Контроллер данного блока производит считывание данных с подключенных к нему датчиков, приемника GPS/ГЛОНАСС и, используя GSM/GPRS-модуль (сеть операторов сотовой связи), передает всю имеющуюся информацию на базовую станцию (рис. 2), где она будет храниться и предоставляться диспетчерам.



Рис. 2. Структурная схема измерительного блока

Общая структурная схема системы приведена на рис. 3.

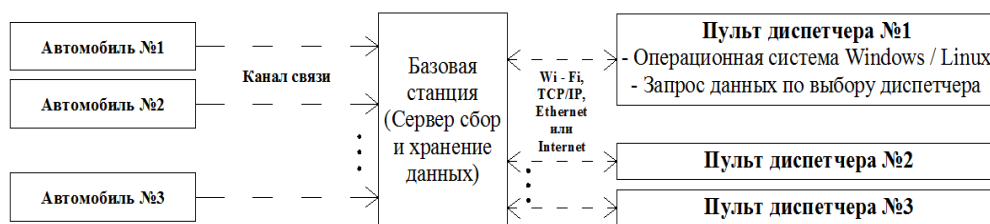


Рис. 3. Общая структурная схема системы

#### Л и т е р а т у р а

1. Режим доступа: <https://car.by/>. – Дата доступа: 25.03.2015.
2. Режим доступа: <http://micro-gis.com/index.php/monitoring-passazhirskego-transporta.html>. – Дата доступа: 25.03.2015.
3. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС (интерфейсный контрольный документ) / 4-я ред. – 1998. – 57 с.
4. Макаренко, Б. И. Применение технологий глобальных спутниковых навигационных систем на наземном транспорте / Б. И. Макаренко, А. И. Горб // Космич. науки и технологии. – 2001. – Т. 7, № 4. – С. 51–60.

## ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР СИСТЕМЫ ПАВОДКОВОГО МОНИТОРИНГА

П. Г. Потапов, В. Л. Лапицкий

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

Научные руководители: Ю. В. Крышнев, А. В. Сахарук

По данным Всемирной конференции по природным катастрофам, величина ущерба в мире от разрушительных природных явлений увеличивается ежегодно на 6 %. Среди всех природных катастроф (засухи, землетрясения, извержения вулканов, штормы, оползни, сели и др.) 86,1 % составляет ущерб от наводнений, что делает актуальным создание систем, способных прогнозировать и предупреждать о его наступлении.

В ходе наводнений часто имеют место человеческие жертвы, нарушаются 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. Иногда 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 для принятия правильных решений необходимо обладать оперативными данными о гидрологической обстановке. Это дает возможность улучшить прогнозирование ситуации и своевременно подготовиться к паводкам.

Целью данной работы является создание информационного центра системы паводкового мониторинга, который предназначен для мониторинга параметров окружающей среды, обнаружения и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера с целью снижения вероятности реализации и тяжести последствий угроз жизнедеятельности населения.

Задачей информационного центра системы паводкового мониторинга является информационная поддержка мер по сбору и анализу гидрометеобстановки, своевременному ее прогнозированию, выявлению, предупреждению угроз и кризисных ситуаций, а также при ликвидации последствий реализации угроз в отношении безопасности жизнедеятельности населения.

В настоящее время на территории Республики Беларусь создана сеть гидрологических постов (рис. 1), на которых ведут наблюдения за элементами режима вод. Самым распространенным постом является устройство с непрерывной регистрацией уровня воды при помощи самописца уровня воды (СУВ). Схема СУВ берегового типа показана на рис. 2.

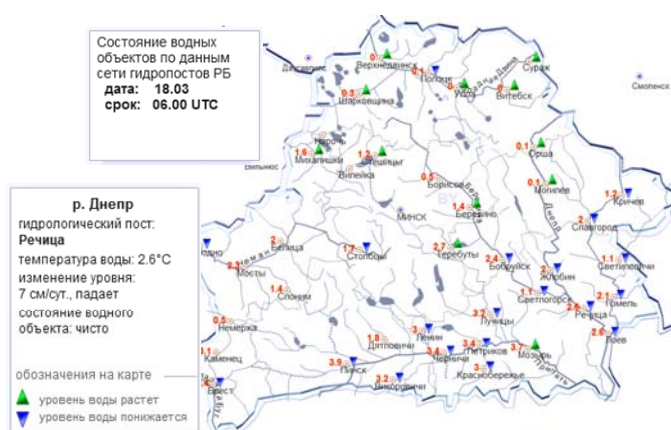


Рис. 1. Карта гидрологической обстановки на реках Беларуси

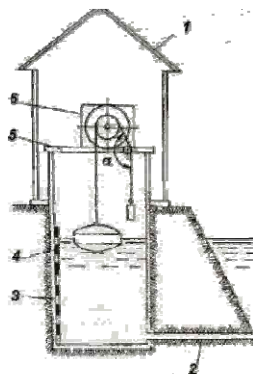


Рис. 2. Схема СУВ: 1 – измерительный павильон; 2 – труба; 3 – колодец; 4 – рейка; 5 – столик; 6 – самописец уровня

Принцип работы самописца уровня состоит в следующем: поплавки, 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 большинстве гидропостов осуществляет наблюдатель, который производит 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 и, в свою очередь, замедляет поступление информации о надвигающейся чрезвычайной ситуации, а следовательно, и уменьшает шансы на предотвращение чрезвычайных ситуаций и спасение человеческих жизней.

Анализ современного технического состояния оборудования гидрометрических постов (в частности, бассейна реки Днепр) показал, что пути усовершенствования заключаются в их автоматизации. Это предусматривает создание информационного центра системы паводкового мониторинга – аппаратно-программного комплекса, состоящего из измерительных станций и информационной системы, в которой вместо устаревших средств измерения применяются современные датчики и измерительно-информационные преобразователи для них. Данные от измерительных датчиков через преобразователи будут поступать к базовой станции, представляющей собой серверы или персональные компьютеры с функциями сбора и обработки поступившей информации. Схема взаимодействия в информационном центре системы паводкового мониторинга представлена на рис. 3.



Рис. 3. Схема взаимодействия

Измерительная станция предназначена для сбора информации непосредственно с датчиков, предварительной обработки ее и отправки на базовую станцию. Полученные значения от датчиков будут заноситься в промежуточный буфер. Затем для уменьшения случайной погрешности производится усреднение результата измерений. Данные заносятся в буфер передачи, промежуточный буфер очищается и производится следующий цикл измерений. В случае обрыва канала связи необходимо сохранить информацию за определенный период. Исходя из этого, размер буфера передачи должен позволять сохранять объем информации от всех датчиков за сутки.

Отправка информации на базовую станцию может работать в двух режимах:

- передача информации через заданный промежуток времени;
- передача информации по ее изменению (т. е. когда изменение превысит заданный порог, тогда и осуществляется передача информации).

Второй метод является более экономичным с точки зрения нагрузки на канал и на основную базу данных. Однако предусмотрено два варианта и оператор может переключаться между ними.

Структурная схема информационного центра системы паводкового мониторинга открытых водоемов представлена на рис. 4. Измерительная станция оснащена беспроводным каналом связи (например, на основе ИМС NRF24L01) для передачи на одноплатный компьютер (с ARM процессором на операционной системе Linux) дополнительных параметров метеобстановки гидропоста (толщина льда, скорость

ветра, скорость течения и пр.). После чего информация передается на базовую станцию с помощью следующих интерфейсов с использованием TCP/IP-протокола: GSM/GPRS-модуля, Wi-Fi, WCDMA, xPON (пассивная оптическая сеть).



Рис. 4. Структурная схема системы: ИПУ – измеритель-преобразователь уровня; ИПР – измеритель-преобразователь расхода; ИПТ – измеритель-преобразователь температуры; SBC – (single-board computer) одноплатный компьютер с ARM процессором и операционной системой Linux

Информационный центр системы паводкового мониторинга помимо автоматизированной измерительной станции предполагает создание еще и автоматизированного рабочего места. Для этого необходимо провести нивелировку всех гидростов, определить неблагоприятные и опасные уровни зеркала воды открытых водоемов для каждого гидростова, все показания гидродатчиков привести к Балтийской системе высот, чтобы объединить в единую систему мониторинга и прогнозирования все гидрологические посты. Ведется разработка программного обеспечения для диспетчерского пульта, которое будет отображать карту Беларуси с нанесенными маркерами – измерительными станциями, при выборе которых отображаются гидрометданные в виде данных-графиков, полученных с датчиков выбранной измерительной станции. В случае превышения неблагоприятного или опасного уровня воды на карте диспетчерского пульта подсвечивается маркер измерительной станции, на которой это произошло; также происходит срабатывание светозвуковой сигнализации, информирование должностных лиц и сил реагирования.

Таким образом, описанная конфигурация информационного центра системы паводкового мониторинга позволит:

- непрерывно измерять уровень зеркала воды открытых водоемов, а также другие гидрометданные;
- передавать собранную гидрологическую информацию на сервер;
- реализовывать обработку и визуализацию данных;
- предоставлять удобный интерфейс доступа пользователям системы к текущей и архивной гидрологической информации;
- формировать сигналы предупреждения и тревог при достижении уровнем воды отметок неблагоприятного явления и опасного явления;
- информировать должностные лица о наступлении неблагоприятного или опасного уровня.

Такой подход обеспечит возможность спасательным службам выдвинуться оперативно в зону предполагаемой чрезвычайной ситуации, что при скоротечности развития паводков позволит минимизировать ущерб и самое главное – сохранить человеческие жизни.



## 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. Ч. 1–2. – Минск : Минприроды, 2008.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОРРЕЛЯЦИОННОГО ПРИЕМНИКА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ

И. В. Ларьков

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

Научный руководитель В. О. Старостенко

Уровень помех на выходе приемника может в несколько раз превышать полезный сигнал. Это может быть результатом действия как шумов естественного происхождения, так и собственных шумов приемника. В связи с этим возникает необходимость создания надежных систем связи, которые могли бы с заданной вероятностью передавать информацию в условиях сильных помех.

В качестве такой системы может быть использован корреляционный приемник на основе псевдослучайных последовательностей (рис. 1). Целью работы является исследование параметров корреляционного приемника псевдослучайных последовательностей, таких, как вероятность неприема и вероятность ложного срабатывания, а также подтверждение теоретических данных экспериментальным путем.

Принцип работы корреляционного приемника заключается в том, что принятый сигнал после усиления и фильтрации коррелируется с определенными опорными сигналами. Если уровень корреляции превысит пороговый уровень, то будет считаться, что принят сигнал, соответствующий опорному.

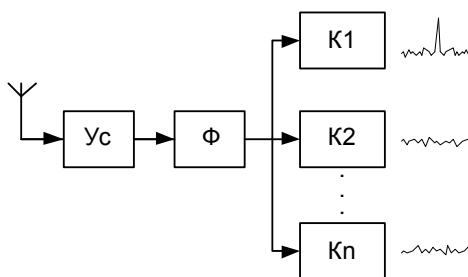


Рис. 1. Структурная схема корреляционного приемника

Для исследования были выбраны четыре M-последовательности длиной 31 символ. Периодическая автокорреляционная функция любой M-последовательности имеет постоянный уровень боковых лепестков, равный  $\left(-\frac{1}{N}\right)$ , а автокорреляционная функция усеченной M-последовательности, под которой понимается непериодическая последовательность длиной в период N, имеет величину боковых лепестков, близкую к  $\left(-\frac{1}{\sqrt{N}}\right)$  (рис. 2). Поэтому с ростом N величина боковых пиков уменьшается.

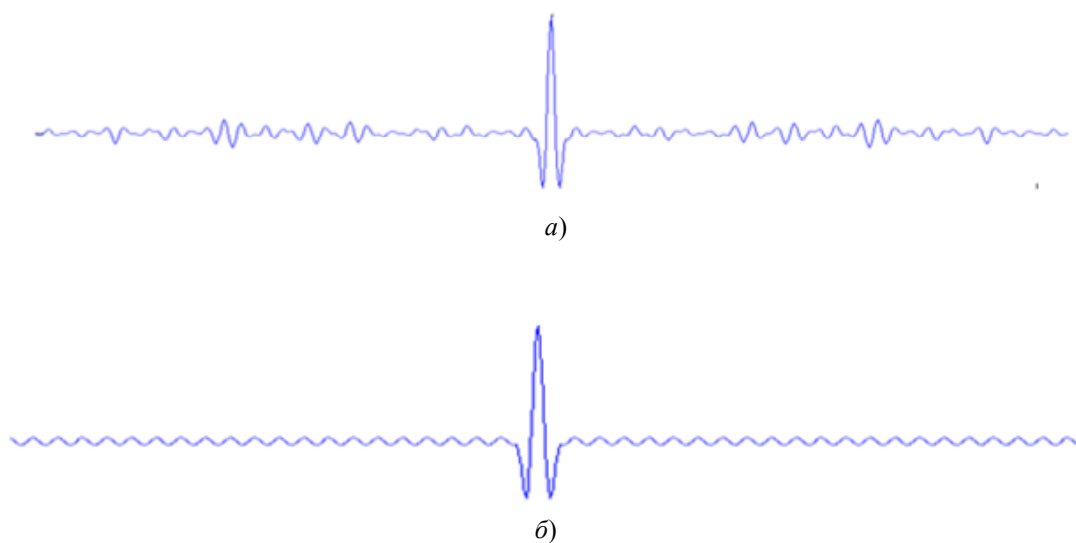


Рис. 2. Аperiodическая автокорреляционная функция (а);  
периодическая автокорреляционная функция (б)

Важным параметром является взаимно корреляционная функция. Если выбранные для корреляционного приемника последовательности будут иметь большие значения взаимно корреляционных функций, то количество ложных срабатываний значительно возрастет. Поэтому необходимо анализировать широкий ансамбль последовательностей, и использовать только те, у которых коэффициент взаимной корреляции будет минимальным.

В процессе работы был проведен расчет вероятности ошибочного приема сигнала, сформированного на основе  $M$ -последовательности.

В [1, с. 307] рассмотрен расчет вероятности ошибочного приема при аддитивном гауссовом шуме для многоальтернативной задачи обнаружения, когда существует  $M$  гипотез:

$$r(t) = \begin{cases} s_1(t) + w(t), & 0 \leq t \leq T : H_1; \\ s_1(t) + w(t), & 0 \leq t \leq T : H_2; \\ \dots & \\ s_M(t) + w(t), & 0 \leq t \leq T : H_M. \end{cases}$$

Вероятность ошибки при такой постановке задачи:

$$P(\varepsilon) = 1 - \int_{-\infty}^{\infty} dx \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x - \sqrt{\frac{2E}{N_0}})^2}{2}} \left( \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{y^2}{2}} dy \right)^{M-1}.$$

Произведем расчеты по формуле (4.6) [1] и построим график зависимости вероятности ошибочного приема от соотношения «сигнал/шум» в канале связи (рис. 3) для случаев, когда передача ведется при помощи:

- двух разных  $M$ -последовательностей длиной 31 символ;
- трех разных  $M$ -последовательностей длиной 31 символ;
- четырёх разными  $M$ -последовательностей длиной 31 символ.

По результатам расчетов можно сделать вывод, что вероятность ошибочного приема при использовании трех и четырех M-последовательностей длиной 31 символ выше, чем при использовании двух M-последовательностей длиной 31 символ.

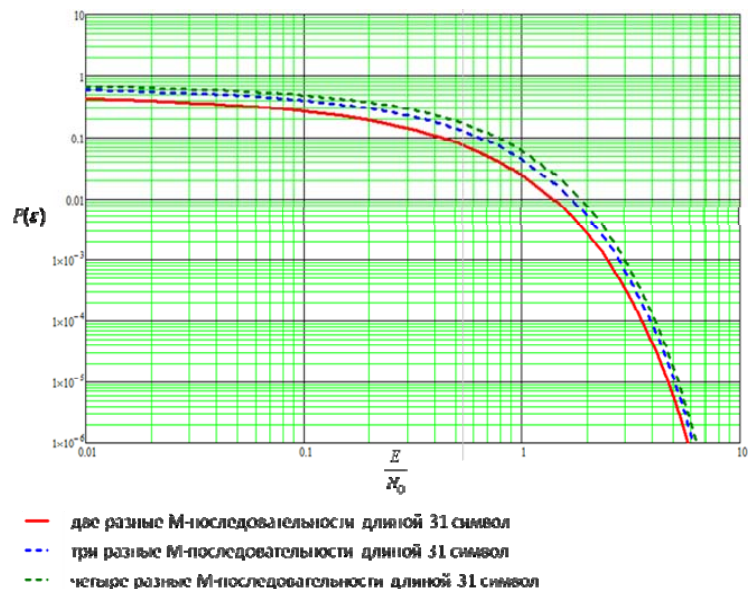


Рис. 3. Зависимость вероятности ошибочного приема от соотношения «сигнал/шум»

Для подтверждения полученных данных экспериментальным путем, был проведен эксперимент (рис. 4). При помощи генератора сигналов формировались необходимые последовательности. Сигнал подавался на аналого-цифровой преобразователь, откуда после преобразования считывался ПЛИС и вычислялся коэффициент корреляции между принятым сигналом и опорными последовательностями. При обнаружении сигнала его номер передавался при помощи UART на персональный компьютер.

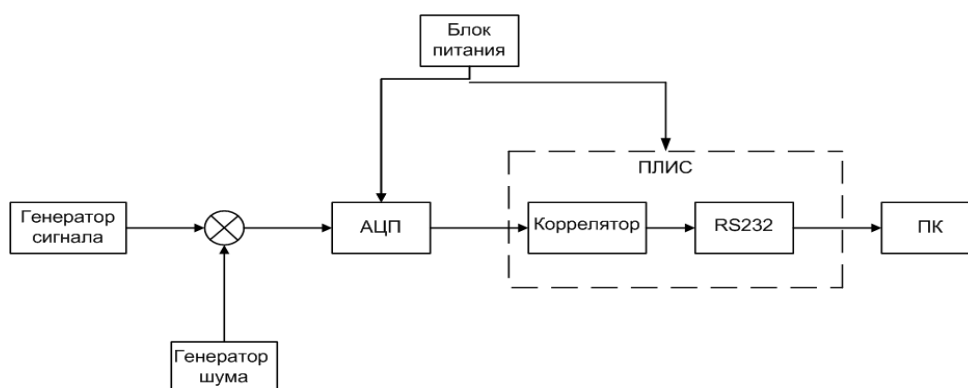


Рис. 4. Схема эксперимента

Автокорреляционная функция, полученная экспериментальным путем, приведена на рис. 5.

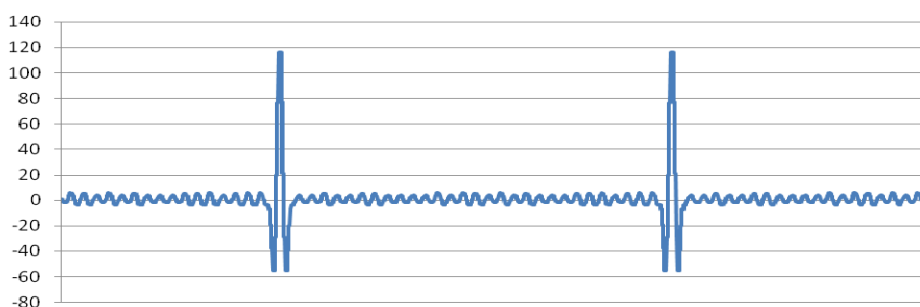


Рис. 5. Автокорреляционная функция, полученная экспериментальным путем

#### Литература

1. Питерсон, У. Коды, исправляющие ошибки / У. Питерсон. – М. : Мир, 1964.
2. Рабинер, Л. Р. Теория и применение цифровой обработки сигналов : пер. с англ. / Л. Р. Рабинер, Б. Голд ; под ред. Ю. Н. Александрова. – М. : Мир, 1978. – 637 с.
3. Ван Трис, Г. Теория обнаружения, оценок и линейной модуляции : пер. с англ. / Г. Ван Трис ; под ред. проф. В. И. Тихонова. – М. : Советское радио, 1972. – 744 с.
4. Стешенко, В. Б. ПЛИС фирмы ALTERA: проектирование устройств обработки сигналов / В. Б. Стешенко. – М. : ДОДЭКА, 2000.

## СТАБИЛИЗАТОР АНОДНОГО ТОКА КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ С УПРАВЛЕНИЕМ ПО СЕТИ ETHERNET

**В. Н. Попов**

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

Научный руководитель Л. А. Захаренко

В настоящее время наиболее распространенной технологией передачи данных является технология Ethernet. Локальные вычислительные сети присутствуют практически на всех промышленных предприятиях и в связи с этим представляется интересным разработка различных устройств и промышленных приборов с управлением по локальной сети. В данной работе представлены результаты работы по разработке стабилизатора анодного тока с управлением по сети Ethernet.

Стабилизатор предназначен для автоматического поддержания заданного значения анодного тока в каждой из кабельных линий электрохимической защиты и должен соответствовать следующим требованиям:

- количество кабельных линий электрохимической защиты (каналов) – 3;
- значение тока стабилизации задается в каждом канале независимо посредством клавиатуры или оператором с персонального компьютера при помощи программы удаленного управления;
- диапазон стабилизируемых токов в каждом канале – 0–25 А;
- диапазон входного напряжения – 0–50 В;
- диапазон измерения разности потенциалов на входах измерительных усилителей – 0–5 В;
- возможность удаленного управления токами в каждом канале;
- возможность удаленного измерения токов и напряжений в каждом канале, а также разности потенциалов на дифференциальных входах измерительных усилителей;
- удаленное управление по сети Ethernet;

- включение и выключение устройства удаленно;
- ведение журнала событий.

На рис. 1 изображена функциональная схема стабилизатора с подключенным модулем Ethernet.

Преимуществом технологии Ethernet перед другими технологиями локальных сетей, такими, как Token Ring, FDDI, являются:

- дешевизна;
- продолжающиеся нововведения;
- повсеместное использование;
- богатство выбора оборудования. Многие изготовители предлагают аппаратуру построения сетей, базирующуюся на Ethernet.

К недостаткам относят:

- возможность столкновений сообщений (коллизии, помехи);
- в случае большой загрузки сети время передачи сообщений непредсказуемо.

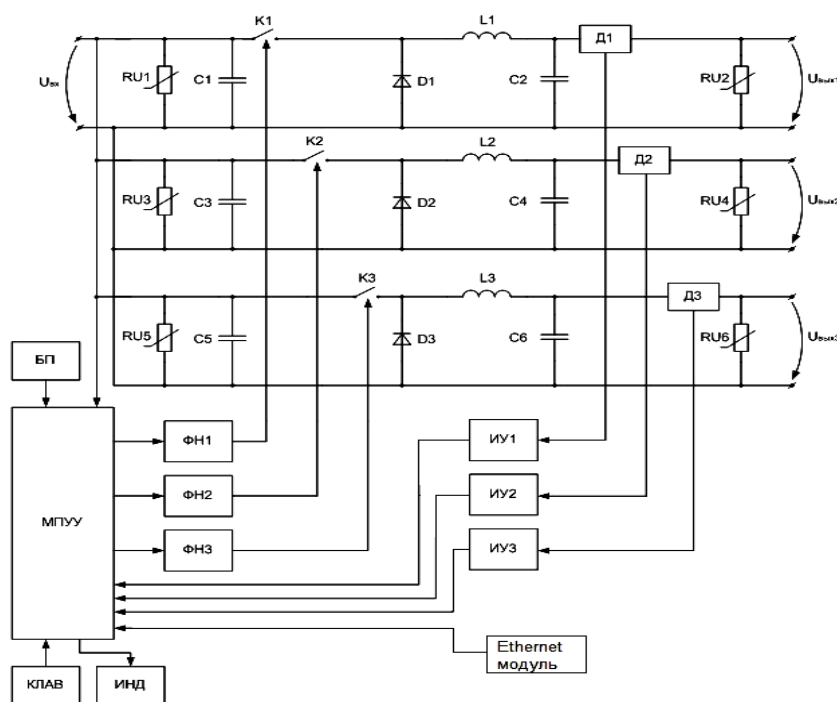


Рис. 1. Функциональная схема стабилизатора

В качестве модуля Ethernet был выбран контроллер ENC28J60 на одном кристалле, с шиной SPI. Он имеет полную совместимость с сетями 10/100/1000 Base-T, поддержку одного 10 Base-T порта с автоматическим определением полярности и коррекцией, поддержку режимов Full и Half Duplex, интерфейс SPI с высокой тактовой частотой (до 25МГц), а также поддержку стандарта IEEE 802.3i.

На рис. 2 изображена функциональная схема подключения контроллера ENC28J60 к контроллеру и сетевому интерфейсу RJ45.

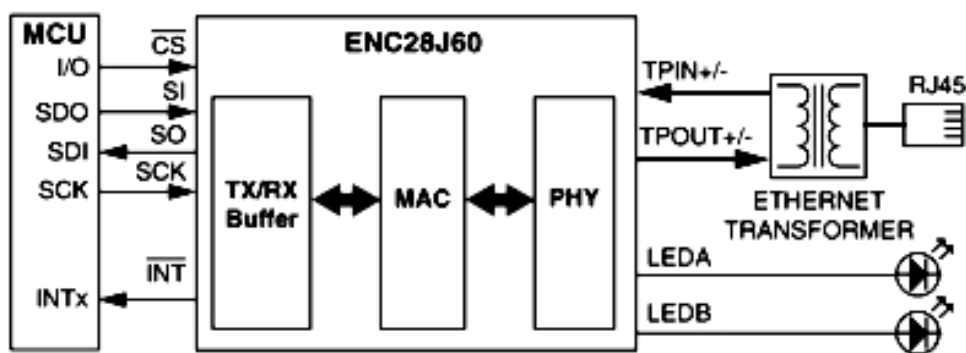


Рис. 2. Функциональная схема подключения контроллера

Поддерживаемый данным устройством функционал:

- протоколы: ARP, IP, ICMP, UDP, TCP, DHCP, SNMP, SMTP, HTTP, FTP, TFTP;
- поддержка TCP и UDP;
- поддержка SSL;
- поддержка NetBIOS;
- поддержка DNS.

В ENC28J60 нет прошитого MAC-адреса, поэтому его устанавливают программно. IP-адрес может быть статическим или динамическим – в ENC28J60 поддерживается сетевой протокол DHCP, позволяющий компьютерам автоматически получать IP-адрес и другие параметры.

Для проверки удаленного доступа к стабилизатору была разработана тестовая программа управления на Delphi 7 с помощью компоненты TClientSocket. Окно тестовой программы представлено на рис. 3.

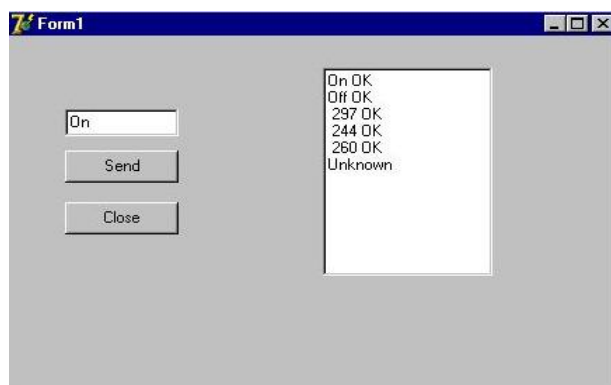


Рис. 3. Программа управления

В данной программе были реализованы следующие команды:

- «On» – включение стабилизатора;
- «Off» – выключение стабилизатора;
- «Read» – чтение данных.

Были проведены испытания в различных локальных сетях, которые подтвердили возможность удаленного управления стабилизатором анодного тока.

## Литература

1. Разработка многоканального стабилизатора-делителя анодного тока для станции катодной защиты : отчет о НИР / Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель, 2011.
2. Stand-Alone Ethernet Controller with SPI Interface / Microchip Technology Inc // Официальный сайт производителя. – 2015. Режим доступа: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39662e.pdf>. – Дата доступа: 02.04.2015.

## 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. Структурная схема на рис. 1 обобщает схемы измерителей  $R$ ,  $L$ ,  $C$ -параметров [1]–[3].

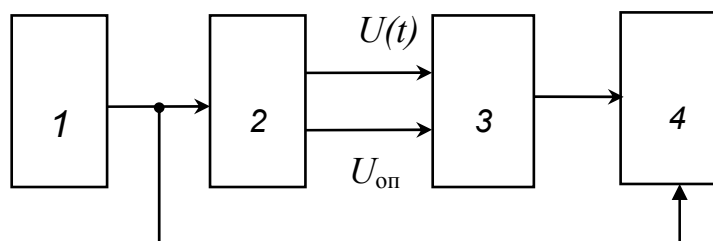


Рис. 1. Структурная схема

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, формирователи 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  $\tau$  и, следовательно, измеряемому параметру.

Недостаток устройства – низкая точность измерения, обусловленная погрешностью сравнения сигнала с опорным уровнем и погрешностью квантования времени разряда.

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.

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.

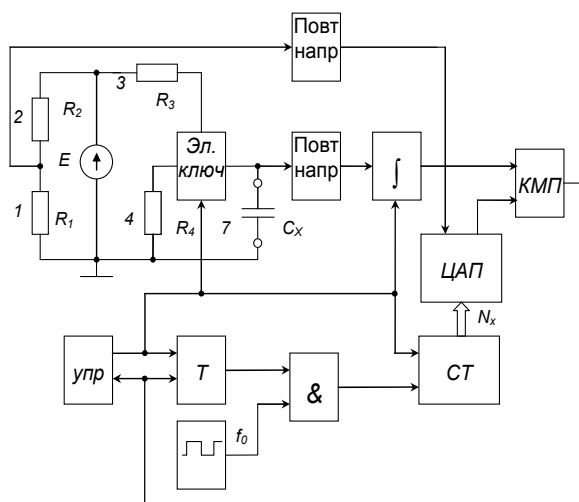


Рис. 2. Устройство для измерения постоянной времени переходного процесса

На рис. 3 приведены временные диаграммы сигналов, поясняющие работу устройства.

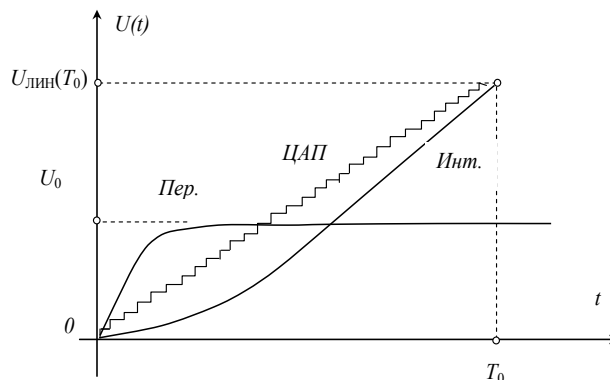


Рис. 3. Временные диаграммы сигналов

Через второй повторитель напряжения напряжение конденсатора поступает на вход интегратора. Применение повторителя напряжения с большим входным сопротивлением необходимо для исключения влияния входного сопротивления интегратора на постоянную времени. В частности, повторитель напряжения может быть внутренним компонентом интегратора.



Выходное напряжение интегратора 16 изменяется по закону

$$U_{\text{инт}}(t) = \frac{1}{T_{\text{и}}} \int_0^t U(t) dt = \frac{1}{T_{\text{и}}} \int_0^t E(1 - e^{-t/\tau}) dt = \frac{E}{T_{\text{и}}} [t - \tau(1 - e^{-t/\tau})], \quad (2)$$

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

$$N(T) = Tf_0, \quad (3)$$

где  $f_0$  – частота импульсов генератора 11.

Опорное напряжение ЦАП формируется делителем напряжения на резисторах 1 и 2:

$$U_{\text{оп}} = mE = \frac{R_2}{R_1 + R_3} E. \quad (4)$$

Выходное напряжение ЦАП 17

$$U_{\text{ЦАП}}(t) = U_{\text{МП}} N(t) = \frac{U_{\text{оп}}}{N_0} tf_0 = E \frac{m}{N_0} tf_0, \quad (5)$$

где  $U_{\text{МП}} = U_{\text{оп}} / N_0$  – единица младшего разряда ЦАП;  $N_0$  – максимальный цифровой код счетчика 12 и ЦАП 17.

Компаратор 13 фиксирует момент времени  $T_x$  равенства выходных напряжений напряжением интегратора 16 и ЦАП 17. Сигнал компаратора 13 возвращает триггер 9 в исходное состояние, элемент И 10 закрывается, поступление импульсов генератора 11 в счетчик 12 прекращается. В счетчике 12 хранится код, а на выходе ЦАП 17 сформировано напряжение, пропорциональное измеряемой величине:

$$U_{\text{инт}}(T_x) = U_{\text{ЦАП}}(T_x); \quad (6)$$

$$\frac{E}{T_{\text{и}}} [T_x - \tau(1 - e^{-T_x/\tau})] = E \frac{m}{N_0} T_x f_0. \quad (7)$$

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  $C_{\text{MAX}} = 10 \text{ пФ}$  можно выбрать  $R_3 = 1 \text{ МОм}$ ,  $\tau_{\text{MAX}} = R_3 C_{\text{MAX}}$ . Параметры могут быть следующими:  $N_0 = 100$ ;  $f_0 = 1 \text{ МГц}$ ;  $T_{\text{И}} = 100 \text{ мкс}$ .

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

$$N_x = 10f_0\tau = 10f_0R_3CL_x. \quad (11)$$

Например, при  $C_x = 5 \text{ пФ}$ ;  $\tau_x = R_3 C_x = 5 \text{ мкс}$ ;  $T_x = 50 \text{ мкс}$ ;  $N_x = 50$ . 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. Rusek, A. Error minimization in time-constant measurements / A. Rusek // IEEE Trans. Instrum. and Meas. – 1987. – 36, № 1. – P. 29–31.

### МАКЕТ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА С ЗАМКНУТОЙ ПО СКОРОСТИ СИСТЕМОЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ

**А. В. Кулик, П. Н. Казаченко**

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

Научный руководитель В. А. Савельев

В процессе подготовки специалистов по специальности 1-53 01 05 «Автоматизированный электропривод» образовательным стандартом предусмотрено изучение таких дисциплин, как «Элементы автоматизированного электропривода», «Силовая преобразовательная техника», «Системы управления электроприводами», «Теория электропривода», «Наладка и диагностика автоматизированного электропривода». Специфика проведения лабораторных исследований по данным дисциплинам пред-

полагает активное изменение параметров и настроек устройств и систем электропривода с целью изучения их влияния на работу всего электропривода. Такие исследования могут быть выполнены как с использованием реального электропривода, так и с использованием его физической модели (макета).

Созданный макет позволяет физически моделировать различные режимы работы типовых устройств и систем электропривода постоянного тока и содержит такие блоки систем управления и регулирования электропривода постоянного тока, как задатчик интенсивности, регулятор скорости, генератор линейно изменяющегося (пилообразного) напряжения и другие, и позволяет изменять их настройки. Таким образом, в процессе обучения учащиеся имеют возможность работать с физической моделью электропривода, отличающейся компактностью, низким энергопотреблением и стоимостью, и в то же время позволяющей задавать различные режимы работы отдельных узлов, исследовать статические механические, переходные и другие характеристики электропривода и его элементов.

Макет состоит из основного электродвигателя ДПМ-30-Н2-04, нагрузочного электродвигателя, системы регулирования и измерительного преобразователя.

Функциональная схема макета электропривода постоянного тока представлена на рис. 1.

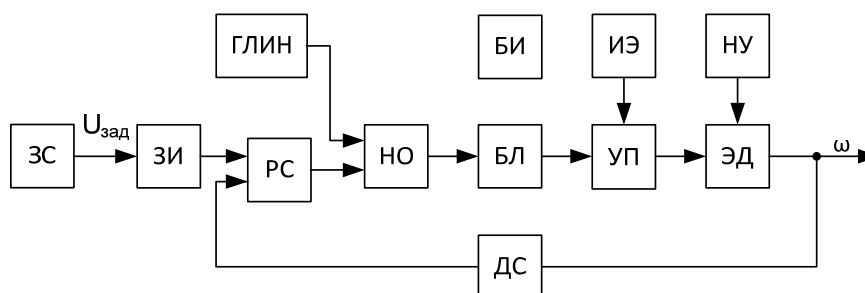


Рис. 1. Функциональная схема макета электропривода постоянного тока:  
 ЗС – задатчик скорости; ЗИ – задатчик интенсивности; РС – регулятор скорости;  
 НО – нуль-орган; ГЛИН – генератор линейно изменяющегося напряжения;  
 БЛ – блок логики; УП – управляемый преобразователь; ИЭ – источник энергии;  
 ЭД – электродвигатель; НУ – нагрузочное устройство; ДС – датчик скорости

Задатчик интенсивности (ЗИ) предназначен для формирования темпа нарастания сигнала задания, поступающего с задатчика скорости (ЗС). Сигнал с ЗИ поступает на вход регулятора скорости (РС). На входе РС суммируется сигнал задания, поступающий с выхода ЗИ, и сигнал обратной связи, поступающий с датчика скорости (ДС), пропорциональный фактической скорости вращения вала двигателя. Генератор линейно изменяющегося (пилообразного) напряжения (ГЛИН) предназначен для создания пилообразного опорного напряжения, необходимого для широтно-импульсной модуляции управляющего сигнала. Нуль-орган (НО) предназначен для преобразования пилообразного опорного напряжения в прямоугольные управляющие импульсы, а также для регулирования их скважности в зависимости от величины сигнала с выхода РС. Сигнал с НО через блок логики (БЛ) поступает на управляемый преобразователь (УП). С помощью УП формируется регулируемое напряжение питания электродвигателя (ЭД). Нагрузочное устройство (НУ) предназначено для создания и поддержания постоянного момента сопротивления. Макет также имеет блок индикации (БИ).

На рис. 2 приведены осциллограммы, снятые в контрольных точках макета.

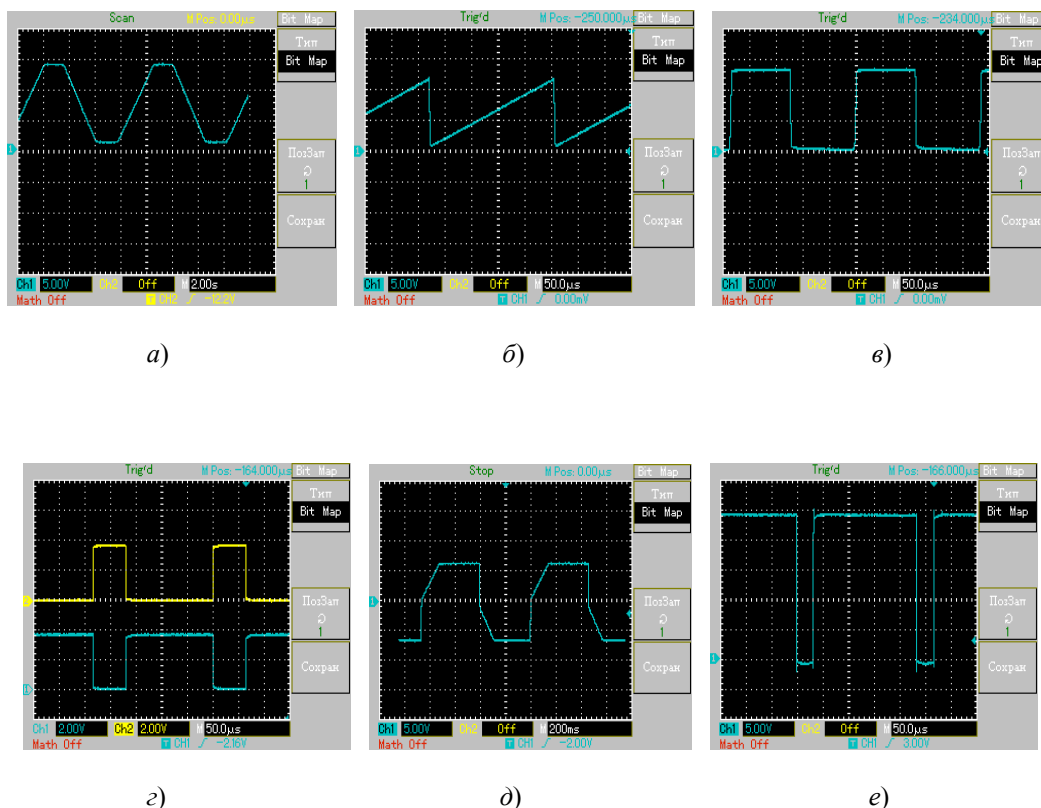


Рис. 2. Осциллограммы контрольных точек макета:

*a* – осциллограмма работы ЗИ; *б* – осциллограммы работы ГЛИН;

*в* – осциллограмма работы НО (скважность  $\delta_{\text{нач}} = 0,5$ ); *г* – осциллограммы работы БЛ;

*д* – осциллограмма работы РС; *е* – осциллограмма напряжения на якоре двигателя

В результате проделанной работы собран макет электропривода постоянного тока с замкнутой по скорости системой регулирования, позволяющий отдельно регулировать и поддерживать постоянными скорость приводного двигателя и момент нагрузки. Это позволяет исследовать работу электропривода в четырех квадрантах механической характеристики. Внедрение данного макета в учебный процесс позволит повысить качество подготовки специалистов по уже указанной специальности на различных ступенях получения высшего образования. Данный макет позволит компенсировать недостаток лабораторного оборудования.

## ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ДЕТЕКТОР РАДИОАКТИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ P-I-N ФОТОДИОДА

О. А. Кружилина

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

Научный руководитель В. Н. Гарбуз

Для детектирования радиоактивного излучения вплоть до настоящего времени используются газоразрядные счетчики. Классический газоразрядный счетчик Гейге-

ра-Мюллера представлен на рис. 1. Его высокая чувствительность обуславливается резко нелинейным электростатическим полем, которое возникает вблизи анода – металлической нити [1]. Очень высокие напряженности электростатического поля обуславливают ударную ионизацию молекул газа в счетчике. Бета-частица, пролетая через счетчик, может породить несколько или даже всего одну пару ионов, называемых первичными. Эти ионы, разгоняясь электростатическим полем, сталкиваются с другими атомами газа, ионизируя их. Получившиеся в результате столкновения ионы опять ускоряются и ионизируют следующие нейтральные ионы. Процесс нарастает лавинообразно и продолжается до тех пор, пока лавина ионов не достигнет электродов, кратковременно замкнув цепь (рис. 2). Резкое снижение напряжения на электродах уже можно зафиксировать как событие, т. е. пролет радиоактивной частицы через счетчик. Количество событий в единицу времени пропорционально окружающему датчик радиоактивному фону.

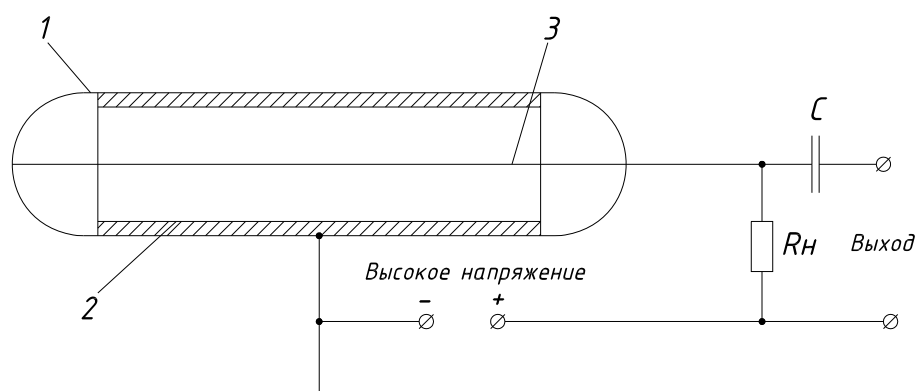


Рис. 1. Схема газоразрядного счетчика Гейгера-Мюллера

Фиксировать события при помощи счетчика Гейгера-Мюллера просто, но они обладают рядом недостатков. Основной недостаток – это необходимость формирования и стабилизации на электродах высоких напряжений в диапазоне пропорционального счета счетчика – обычно это значения от 400 до 1200 В. Причем, чем уровень фона меньше, тем напряжение на счетчике необходимо поддерживать выше для обеспечения минимального времени измерения. Также необходимо отметить то, что сами счетчики обычно обладают большими габаритами, что затрудняет их применение в портативной и носимой аппаратуре.

Рассмотренные недостатки обуславливают интерес к применению твердотельных детекторов в компактных носимых дозиметрах. Твердотельный детектор представляет собой обратносмещенный полупроводниковый диод [2]. Частица гамма-излучения, попадая в запирающий слой диода, порождает объемный заряд, пропорциональный энергии частицы. В конечном итоге дрейф объемного заряда вызывает кратковременное изменение напряжения на диоде, которое можно зафиксировать. Но в отличие от счетчика Гейгера-Мюллера усиление в твердотельном детекторе очень мало, за счет того, что запирающий слой очень узкий, и приложенное напряжение к диоду измеряется единицами-десятками вольт. Поэтому изменение потенциала электродов диода очень мало и составляет максимум единицы микровольт.

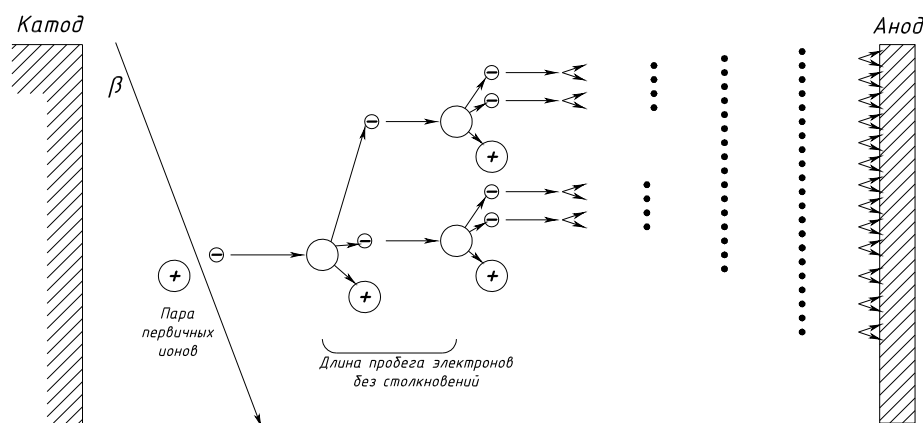


Рис. 2. Процесс лавинного усиления тока ионов в счетчике Гейгера–Мюллера

Высокую чувствительность детектора обуславливает правильный выбор р-і-n фотодиода. С одной стороны, чувствительность возрастает с ростом площади кристалла и напряжения смещения, приложенного к диоду. С другой стороны, указанные способы повышения чувствительности обуславливают повышение шума детектора. Ток утечки, растущий с ростом площади кристалла, также обуславливает рост шума детектора. Указанные соображения приводят к тому, что однозначно определить, какой из р-і-n фотодиодов, представленных на рынке, является оптимальным для применения в детекторах, не представляется возможным. Необходимы испытания конкретных промышленных образцов.

Для усиления сигнала, снимаемого с фотодиодов, был разработан малошумящий усилитель, позволяющий снимать сигнал с высокоомной нагрузки, которой является обратносмещенный р-і-n фотодиода. Усилитель является широкополосным и усиливает сигналы с частотой до 1 МГц. Максимальное усиление достигается на частотах от 8 до 25 кГц и составляет 120 децибелл, т. е. 1 миллион раз. Ослабление помехи 50 Гц достигает 40 Дб, т. е. 100 раз (рис. 3). Характеристики усилителя были достигнуты за счет применения прецизионных операционных усилителей типа MAX4477 и решения, обычно применяемого при проектировании малошумящих усилителей радиодиапазона – развязки контуров питания усилителей, исключая влияние усилителей друг на друга по питанию. Плата усилителя была промоделирована в системе MicroCAP, разводка выполнена в Altium designer. Собранные образцы усилителя показали устойчивую работу и низкий уровень собственных шумов. При моделировании схемы усилителя получено, что выходной сигнал достигает уровня 200 мВ (рис. 4), достаточного для разборчивого детектирования при помощи компаратора.

Таким образом, применяя малошумящие усилители, можно приблизиться по эффективности детектирования к газоразрядным счетчикам Гейгера–Мюллера, на порядок уменьшив при этом размеры детектора, отказавшись от применения высоких напряжений, и повысить энергетические характеристики детекторов. Дополнительно предлагаемая конструкция позволяет детектировать гамма-излучение по энергетическому спектру частиц.

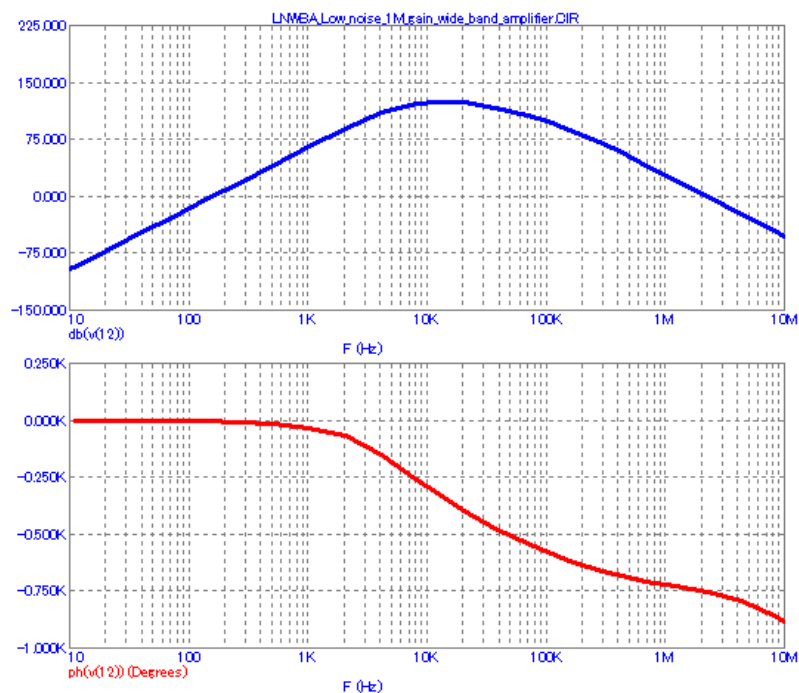


Рис. 3. Результаты расчета АЧХ и ФЧХ малошумящего усилителя

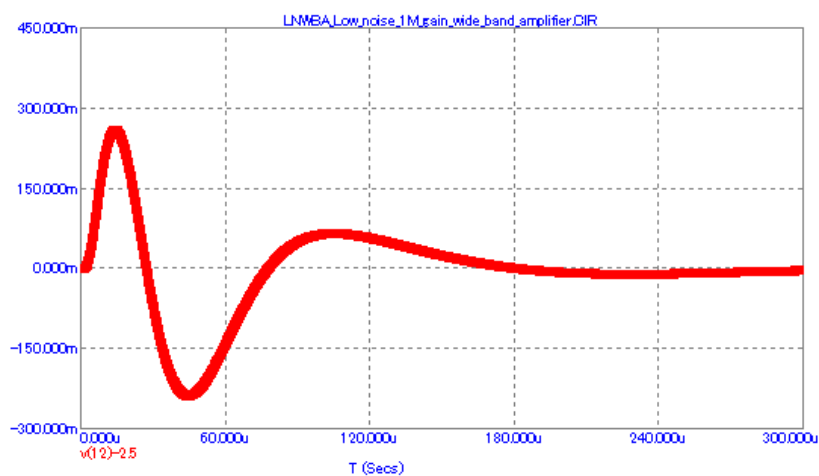


Рис. 4. Результаты моделирования прохождения частицы через детектор – сигнал на выходе детектора

#### Литература

1. Акимов, Ю. К. Газовые детекторы ядерных излучений / Ю. К. Акимов. – Дубна : ОИЯИ, 2011. – 243 с.
2. Группен, К. Детекторы элементарных частиц : справ. изд. : пер. с англ. / К. Группен. – Новосибирск : Сибирский хроограф, 1999.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ОТДЕЛЬНО ЛОКАЛИЗОВАННЫХ МИКРО- И НАНОЧАСТИЦ ГЕРМАНИЯ В СТРУКТУРЕ ПОРИСТЫХ SiO<sub>2</sub>-МАТРИЦ

О. А. Титенков

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

Научный руководитель А. А. Алексеенко

Одним из важных направлений развития в области получения конструкционных материалов для современной оптоэлектроники является изучение процессов синтеза композиционных наноструктурированных веществ с воспроизводимыми и управляемыми эксплуатационными характеристиками. Такой интерес обусловлен тем, что проявляемые свойства наноструктурированных материалов являются важными и научно значимыми для фундаментальных и прикладных исследований в области нанотехнологий, относящихся к синтезу функциональных изделий в виде диэлектрических матриц, содержащих отдельно локализованные полупроводниковые наночастицы.

В частности, известно, что при размерах отдельно локализованных наночастиц около 1–100 нм они способны проявлять ранее нехарактерные им свойства, которые основаны на различных квантово-размерных эффектах, в том числе связанных с состоянием поверхности самих наночастиц. В этом случае при исследовании низко-размерных структур научные исследования сталкиваются с рядом проблем, относящихся к новым и ранее ненаблюдаемым в рассматриваемых веществах явлениям. Такие свойства наноструктурированных материалов позволяют в перспективе создавать новые устройства для опто- и наноэлектроники, измерительной техники и промышленной электроники [1].

При работе с наночастицами важной и сложной задачей является определение точных геометрических размеров наночастиц и особенностей их структурной локализации. Также с формой частиц связано изменение некоторых их физических и химических постоянных (твердость, температура плавления и др.). Применяемые в настоящее время способы изучения морфологии наночастиц достаточно сложны и избирательны для каждого случая изучения нанообъектов. В общем случае исследование морфологии наночастиц, их оптических и нелинейно-оптических свойств, а также возможности модификации наночастиц являются достаточно важной задачей, так как с этим связана перспектива разработки различных устройств, работающих с применением конструкционных материалов нового типа. В частности, оптические свойства наночастиц могут сыграть важную роль при создании миниатюрных переключателей, биофизических сенсоров, модуляторов, высокоскоростных оптических приборов, светодиодов с усиленной люминесценцией, в диагностике рака и уничтожении клеток раковых опухолей и др. Научная и практическая новизна проводимых в данном направлении исследований состоит в том, что нанотехнологии и наноматериалы позволяют значительно уменьшить размеры конечного функционального изделия, а также оптимизировать такие его параметры, как энергопотребление, избирательная чувствительность, скорость срабатывания и долговечность.

Уменьшение размера частиц до наноуровня для полупроводников (например, кремния и германия) вызывает значительные изменения в свойствах генерации этими веществами светового излучения из-за хорошо известного эффекта квантового ограничения (также и в случае наноструктурирования объемных полупроводников). После открытия этих явлений стало известно, что фотолюминесценция в кристаллах германия зависит не только от размера, но и от типа их оболочки (оксиды, гидриды).



Такое поведение наночастиц до сих пор вызывает споры, так как прямое наблюдение источника фотолюминесценции достаточно трудоемкая задача, несмотря на проводимые многочисленные исследования [2].

Полупроводники с непрямой шириной запрещенной зоны, такие, как кремний или германий имеют очень маленькую люминесцентную эффективность. Однако открытие эффективной видимой люминесценции в пористом кремнии и других наноразмерных структурах дало возможность использования подобных полупроводников как материалов для фотоэлектронных устройств. В полупроводниковых нанокристаллах эффект квантового ограничения играет значительную роль в оптическом поглощении и процессе люминесценции. Частицы германия имеют меньшую электронную и дырочную эффективную массу и большую диэлектрическую постоянную, чем частицы кремния. Поэтому считается, что эффект квантового ограничения в наночастицах германия будет более выраженным, чем в наночастицах кремния [3].

Использование нанокристаллов в матрицах диоксида кремния представляется хорошим вариантом, так как оксид кремния является достаточно известным материалом для инертизации полупроводниковых поверхностей. Для германия было показано, что наибольшая видимая фотолюминесценция исходит из нанокристаллов, включенных в матрицы оксида кремния. Японские ученые впервые наблюдали фотолюминесценцию при комнатной температуре в микрокристаллах германия в матрицах оксида кремния, приготовленных с помощью метода радиочастотного магнетронного напыления. С этого момента было предложено множество различных методов для синтеза нанокристаллов германия в матрицах оксида кремния, таких, как напыление германия и оксида кремния, ионная имплантация германия, химическое осаждение из газовой фазы при атмосферном давлении, осаждение германия и последующее высокотемпературное окисление и т. д. Однако эти методы требовали очень сложного оборудования. К тому же иногда непросто найти условия для создания образцов, которые испускают свет в видимом диапазоне длин волн и при комнатных температурах. Поэтому ряд исследователей часто использует золь-гель метод, который предоставляет более практический подход в приготовлении полупроводниковых микро- и наночастиц, диспергированных в диэлектрической SiO<sub>2</sub>-матрице [3]. Этот метод был применен в проводимых нами исследованиях. Цель нашей работы состояла в синтезе и изучении свойств модифицированных микро- и наночастиц восстановленного германия, предназначенных для последующего применения в изделиях оптоэлектронной техники.

Синтез наночастиц германия ограничивается рядом технических трудностей, связанных, главным образом, с различием свойств основных частиц и их матрицы-носителя. В нашем случае в качестве матрицы-носителя восстановленных микро- и наночастиц германия были выбраны высокопористые материалы на основе диоксида кремния, которые были синтезированы с применением золь-гель метода. Структурные превращения в системе SiO<sub>2</sub> : GeO<sub>2</sub>, протекающие под действием термообработки на воздухе и в водороде, изучались с применением метода рентгенофазового анализа (РФА), при исходных концентрациях веществ SiO<sub>2</sub> : GeO<sub>2</sub> = 12,5 : 1 и 1 : 25 мас. %, соответственно. Было установлено, что восстановленный германий и оксид кремния являются химически инертными относительно друг друга в изучаемом диапазоне температур (до температур порядка  $T = 1100$  °С). В случае взаимодействия оксидов указанных веществ взаимная стабильность взаимодействующих фаз сохраняется до  $T = 900$  °С (начиная с  $T = 900$  °С, наблюдалось образование сложного оксокомплексного соединения).

При исследовании веществ, прошедших термообработку при разных температурах, применялся метод рентгенофазового анализа, позволяющий определить стехиометрический состав изучаемых материалов. В качестве дифрактометра использовалась установка «ДРОН-7». Последующая расшифровка спектров производилась с помощью программы «Pcpdwin». Для проведения процесса термообработки в контролируемой газовой среде был сконструирован реактор из кварцевого стекла, позволяющий производить структурирующую обработку при температурах до 1200 °С. Предельной температурой обработки композита SiO<sub>2</sub> : GeO<sub>2</sub> в водороде являлась температура порядка  $T = 1100$  °С. Согласно данным РФА, при более высоких температурах наблюдалось взаимодействие матрицы диоксида кремния с восстановленным германием.

При высоких концентрациях германия (SiO<sub>2</sub> : GeO<sub>2</sub> = 1 : 25 мас. %), начиная с  $T = 900$  °С (термообработка проводилась в водороде), было установлено разрушение структуры ксерогеля и выделение германия в виде отдельной фазы (формировались отдельные сферообразные частицы германия размерами до 4–5 мкм). Так, при обработке до  $T = 700$  °С на поверхности ксерогеля образовывались зоны сплошного покрытия из восстановленного Ge<sup>0</sup> (при концентрациях SiO<sub>2</sub> : GeO<sub>2</sub> = 1 : 25 мас. %), которые при  $T = 900$  °С трансформировались в отдельные сферообразные частицы Ge размерами  $\langle d \rangle = 5\text{--}100$  мкм. При отжиге SiO<sub>2</sub> : GeO<sub>2</sub> ксерогелей (отношение компонент – 12,5 : 1 мас. %) до  $T = 1000$  °С наблюдалось разрушение структуры SiO<sub>2</sub>-матрицы, что могло быть связано с процессом высокотемпературной усадки ксерогеля (изменение объема  $\approx 15$  %) и одновременной сорбцией восстановленного Ge из свободного состояния, что приводило к возникновению термонапряжений. Методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) было установлено формирование наряду с микрочастицами Ge<sup>0</sup> частиц размерностью около 50–500 нм с поверхностью, структурированной доменными образованиями нанометрового диапазона. Для получения отдельно локализованных микро- и наночастиц германия было произведено ультразвуковое диспергирование частиц диоксида кремния, содержащего восстановленный германий, в изопропиловом спирте (или ацетоне), в результате чего происходило постепенное осаждение наночастиц Ge<sup>0</sup> из взвешенного состояния.

В результате проделанной работы были синтезированы новые композиционные материалы, которые могут быть эффективно применены для создания сферических полупроводниковых микросенсоров, а также новых люминесцентных веществ и преобразователей электромагнитного излучения. Основной рабочий эффект полученных микро- и наночастиц Ge<sup>0</sup> связан с проявляемыми ими размерно-зависимыми люминесцентными и нелинейно-оптическими свойствами, что может быть эффективно использовано при создании элементной базы оптоэлектронных устройств, работающих на принципе бесконтактного взаимодействия. В перспективе наночастицы германия могут быть использованы при создании наносенсоров, систем сверхскоростной памяти, фотокатализаторов и биологически активных веществ [2]–[4].

Очевидно, что работа по данному направлению требует дополнительных исследований, а именно – изучения возможности модификации поверхности наночастиц Ge<sup>0</sup> восстановленным металлом с целью создания структур типа «металл–полупроводник» и «металл–диэлектрик–полупроводник».

#### Л и т е р а т у р а

1. Логунов, А. Е. Оптические методы исследования металлических наночастиц на поверхности прозрачных диэлектриков / А. Е. Логунов. – 2009.

2. Karatutlu, A. OD-XAS and EXAFS: Structure and Luminescence in Ge Quantum Dots / A. Karatutlu, W. R. Little, A. V. Sapelkin. – 2013.
3. Heqing Yanga, Ruili Yangc, Xiuqin Wana, Wenliang Wana Structure and photoluminescence of Ge nanoparticles with different sizes embedded in SiO<sub>2</sub> glasses fabricated by a sol-gel method. – 2003.
4. Оптические процессоры: достижения и новые идеи / А. П. Белов [и др.]. – 2006.

### **МОДИФИЦИРОВАННЫЕ СТЕКЛОПОРОШКИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ: ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ**

**А. В. Попель**

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

Научный руководитель А. А. Алексеенко

Стекло, керамика и ситаллы как материалы, обладающие уникальными физическими и химическими характеристиками, являются важными элементами в производстве ряда изделий электронной техники. Благодаря эффективному адгезионному взаимодействию с металлами и друг с другом, они позволяют решать технологические проблемы, возникающие при конструировании новых узлов, механизмов и приборов современной электроники. По причине природной несовместимости некоторых материалов при сварке и плавлении в случае необходимости их контактного соединения используется технологический прием в виде пайки. Для надежного спаивания стекла и сохранения функциональных характеристик получаемого изделия необходимо учитывать такие параметры, как коэффициент линейного термического расширения (КЛТР), термостойкость, химическая стойкость, вязкость стекла (в зависимости от температуры), диэлектрическая и газовая проницаемости и т. д.

Существует два варианта спаивания стекла: согласованный ненапряженный и несогласованный сжатый спай. Надежность несогласованного сжатого спаивания обусловлена тем, что прочность стекла на сжатие значительно больше, чем на растяжение. При согласованном ненапряженном спаивании стекла с каким-либо материалом важнейшим параметром является КЛТР. При условии совпадения температурных кривых расширения значение КЛТР стекла и спаиваемого материала, их КЛТР не должны различаться более чем на 10 %. В противном случае в стекле появится опасное напряжение, способное разрушить целостность получаемого соединения. Именно из-за необходимости соблюдения данного условия приходится синтезировать различные марки стекол, имеющих узкую направленность дальнейшего практического применения. Значение КЛТР определяется химическим составом шихты, предназначенной для приготовления стекла, технологическими особенностями варки и последующего остывания стекломассы. В свою очередь, КЛТР также определяет и ряд других физико-химических параметров стекла [2], [3].

Цель проводимой работы заключалась в улучшении функциональных свойств стеклопорошка заданного химического состава путем его структурирующей обработки в контролируемой газовой среде. В результате обработки стеклопорошка (в специальном лабораторном реакторе из кварцевого стекла) на поверхности и в глубине исследуемого вещества происходили восстановительные реакции. В частности, наблюдалось восстановление оксидов до более низкой валентности или восстановление некоторых химически связанных веществ до элементного состояния. В общем случае при условии обработки стеклопорошка (или монолитного стекла) в

водороде образуются некомпенсированные валентные связи, что, в свою очередь, приводит впоследствии к образованию общих валентных связей с контактирующим веществом и увеличивает адгезионные параметры контактного слоя на этапе пайки. При обработке стеклопорошков происходит восстановление поверхностного слоя отдельных частиц, а также их структурирование по всей глубине. Возникает эффект активации поверхности частицы, дополненный изменением ее основных физико-химических констант. Фактически, в результате поверхностного наноэффекта и структурной модификации микрочастицы происходят следующие изменения [2], [3]:

- фазовые превращения (позволяющие понизить температуру плавления микрочастиц стекла);
- смещение значений некоторых термодинамических постоянных (аномально высокие параметры коэффициентов диффузии, повышение теплоемкости, снижение теплопроводности);
- электрические (повышение электросопротивления, возрастание диэлектрической проницаемости);
- механические (повышение предела текучести, твердости, вязкости разрушения, износостойкости, проявление сверхпластичности при высоких температурах).

В качестве исследуемого стекла (и получаемого стеклопорошка на его основе) нами было выбрано стекло марки С52-1 (щелочно-земельное боросиликатное стекло), имеющее следующий молярный состав (мол. %):  $\text{SiO}_2$  – 72,84 %;  $\text{B}_2\text{O}_3$  – 17,44;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 2,17;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 4,54;  $\text{K}_2\text{O}$  – 3,0 %. Данное стекло по своим физико-химическим характеристикам относится к «молибденовой» группе стекол и применяется для изготовления баллонов электронных ламп, изоляционных бус электровакуумных полупроводниковых приборов, а также гибридных интегральных схем [1], [2]. Основные свойства стекла приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные физические свойства стекла марки С52-1 [2], [3]

Параметр	Значение
Термическая стойкость при толщине образца 4 мм, °С	180
Средний коэффициент линейного температурного расширения в интервале температур от 20 до 300 °С/ТКР/, 1/К	$52,0 \cdot 10^{-7}$
Температура стеклования, °С	522
Температура размягчения (деформация), °С	585
Температура размягчения (точка Литтлтона), °С	720
Тангенс угла диэлектрических потерь при $10^6$ Гц и температуре 20 °С	$40 \cdot 10^{-4}$
Диэлектрическая проницаемость при $10^6$ Гц и температуре 20 °С	7,5

Управляя температурой, временем обработки, давлением и типом газовой среды в реакторе (водород, аргон, кислород), становится возможным изменять ряд свойств обрабатываемого материала, причем на любом этапе структурных превращений в шихте, предназначенной для изготовления стекла: предварительный отжиг, размягчение, стеклование, плавление и инерционное остывание стекломассы. В результате обработки стеклопорошка в контролируемой газовой среде предполагалось добиться эффекта снижения его температуры плавления, что позволило бы создавать контактные соединения элементов электронной техники не только при пониженных

температурах, но и более эффективными в отношении механической прочности и газопроницаемости. В итоге предполагалось общее снижение энергозатрат при создании блоков и узлов конечного оборудования.

Как было указано выше, модификация стеклопорошка возможна как на любом из этапов формирования получаемого стекла, так и при измельчении уже готового сертифицированного образца [1], [4].

Для синтеза стекла, стеклопорошка на его основе и выполнения указанной модифицирующей обработки в контролируемой газовой среде было использовано оборудование, имеющееся как в НИЛ ТКН, так и Центре коллективного пользования дорогостоящим и уникальным оборудованием:

1) программируемая высокотемпературной электропечь «Heraeus, BL-1801», предназначенная для обработки образцов и изделий на воздухе (до  $T = 1850$  °С);

2) шаровая планетарная мельница «Пульверизетте 5» (основные технические характеристики приведены в табл. 2);

3) вертикальный колебательный лабораторный ситовой грохот «Анализетте 3» (основные технические характеристики приведены в табл. 3);

4) лабораторный реактор, состоящий из следующих конструктивных элементов:  
 – печь лабораторная электрическая, с трубчатым муфелем (для получения нужного диапазона температур и контроля над протекающими химическими реакциями);  
 – генератор водорода (предназначен для получения молекулярного водорода с постоянной скоростью подачи методом электролиза бидистиллированной воды);  
 – осушитель водорода (является фильтром для отсеивания молекул нераспавшейся воды на выходе из генератора водорода, что повышает степень чистоты протекающих реакций и достоверность проводимых экспериментов);  
 – водяной затвор, представляющий собой в упрощенном виде гидравлическое запирающее устройство, препятствующее попаданию и смешиванию атмосферного кислорода с разогретым до высоких температур водородом из реакционной камеры (а также и с самим восстанавливаемым веществом).

Таблица 2

#### Основные технические характеристики шаровой планетарной мельницы «Пульверизетте 5»

Наименование	Планетарная мельница «Пульверизетте 5»
Производитель	«Fritsch GmbH», Германия
Назначение	Сверхтонкое измельчение сухих лабораторных проб до коллоидного состояния
Основные технические характеристики	1. Полезный объем – до 4 x 225 мл 2. Крупность загружаемого материала < 10 мм 3. Конечная тонкость < 1 мкм 4. Мелющая среда – двуокись циркония (94,8 % ZrO <sub>2</sub> )

**Основные технические характеристики вибрационного  
ситового грохота «Аннализетте 3»**

Наименование	Вибрационный ситовой грохот «Аннализетте 3»
Производитель	«Fritsch GmbH», Германия
Назначение	Точное разделение и сортировка материалов по размерам частиц
Основные технические характеристики	1. Укомплектован рассевочными ситами с размером ячейки 40; 50; 100 и 140 мкм 2. Параметры сухого отсева: – амплитуда и время отсева 2,5–3 мм и 10–20 мин, соответственно (для крупного материала) – амплитуда и время отсева 1,5–2,5 мм и 15–30 мин, соответственно (для мелкого материала)

Свойства полученных образцов стеклопорошков планируется протестировать в производственном цикле ОАО «ИНТЕГРАЛ» при производстве компонент микроэлектроники.

*Литература*

1. Джурицкий, К. Б. Стекла зарубежных компаний для электронной техники / К. Б. Джурицкий // Производство электроники. – 2009. – № 5.
2. Дембовский, С. А. Стеклообразование / С. А. Дембовский, Е. А. Чечеткина. – М. : Наука, 1990. – 124 с.
3. Любимов, М. Л. Спаи металла со стеклом / М. Л. Любимов. – М. : Энергия, 1968. – 280 с.
4. ОСТ 11ПО.735.002–73.

**ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ  
ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ПЕРЕМЕННОЕ  
СИНУСОИДАЛЬНОЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ  
НА ОСНОВЕ ПЛИС**

**Ю. В. Прядко**

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

Научные руководители: Э. М. Виноградов, С. Н. Кухаренко

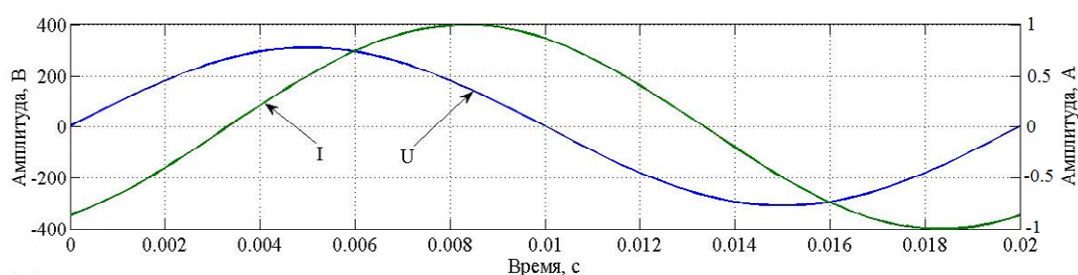
В системах резервного электропитания, солнечных электростанциях и мобильных установках существует необходимость преобразования постоянного напряжения первичной сети в переменное с амплитудой и частотой промышленной сети. Это обусловлено наличием потребителей напряжения переменного тока, промышленной частоты.

Существующие технические решения, основанные на использовании управляющих контроллеров и аналоговых схем, реализуют управление преобразователем по усредненным значениям выходной величины тока и напряжения. Однако форма выходных сигналов таких преобразователей имеет значительный коэффициент гармоник. Наличие высших гармоник в выходном напряжении снижает эффективность работы потребителей и преобразователя [1].

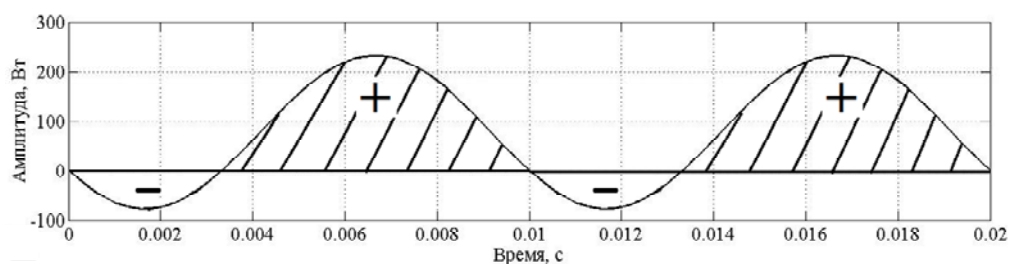
Целью работы является исследование причин, вызывающих гармонические искажения выходного напряжения преобразователя, а также разработка функциональной схемы, цифровой системы управления, позволяющей устранить данные недостатки.

Осциллографирование выходного напряжения у типового преобразователя при различных типах нагрузок позволило сделать вывод о том, что искажения возникают в случае реактивной нагрузки. Анализ процессов в выходных цепях преобразователя показал наличие отрицательных значений мощности нагрузки.

На рис. 1, *a* приведены графики функций напряжения и тока преобразователя напряжения с разностью фаз  $60^\circ$ . График мощности, приведенный на рис. 1, *б*, показывает направление мощности в цепи «преобразователь–нагрузка». Знаком «+» обозначена мощность, направленная от преобразователя к нагрузке, знаком «-» – мощность от нагрузки к преобразователю.



а)



б)

Рис. 1. Зависимости тока и напряжения от времени:  
а – графики напряжения и тока; б – график мощности в нагрузке

Анализируя график мощности, приведенный на рис. 1, *б*, необходимо отметить, что система управления должна обеспечивать обмен энергией между вторичной и первичной сетью. Основной проблемой систем управления преобразователем напряжения является отсутствие возможности обмена энергией.

Так, на рис. 2 приведена осциллограмма выходного напряжения преобразователя без обмена энергией между вторичной и первичной сетью.

На осциллограмме показана форма ШИМ-сигнала, поступающего на вход силового фильтра, и выходное напряжение преобразователя, нагруженного реактивной нагрузкой. Искажения формы выходного напряжения на интервале времени *I* обусловлено протеканием мощности от нагрузки к преобразователю в то время, когда преобразователь формирует мощность в сторону нагрузки. Для устранения искажений необходимо осуществлять возврат мощности, направленной от нагрузки к преобразователю, в первичную сеть за счет режима рекуперации.

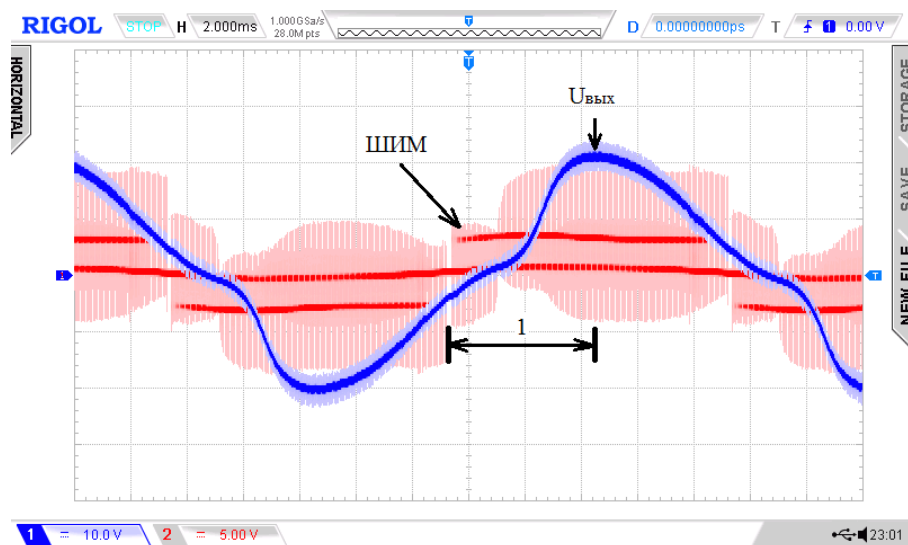


Рис. 2. Осциллограмма выходного напряжения

Для обеспечения обмена энергией между вторичной и первичной сетью необходимо изменение структуры преобразователя. Если в режиме положительной передаваемой мощности нужна структура преобразователя понижающего типа, то в режиме рекуперации энергии необходима структура повышающего типа. В соответствии с таким изменением в структуре необходимо изменить группы ключей и перестроить частотные характеристики регуляторов [2]. Создание такого устройства с применением аналоговых и дискретных компонентов – весьма трудоемкая задача. С целью реализации принципа рекуперации разработана функциональная схема цифровой системы управления, приведенная на рис. 3.

Цифровая системы управления состоит из следующих блоков:

- блок фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ); формирует необходимые тактовые частоты для блоков системы из опорного тактового сигнала  $f_{оп}$ ;
- блок включения-выключения (ВКЛ/ВЫКЛ); осуществляет плавный пуск при включении, плавный останов при выключении преобразователя напряжения, тем самым уменьшая уровни токов в переходных процессах;
- блок опорного напряжения (ИОН); таблица отсчетов четверти огибающей синусоидального сигнала;
- блок цифрового фильтра (ЦФ); фильтр, синтезированный по экспериментальным АЧХ и ФЧХ выходного силового фильтра преобразователя напряжения с целью обеспечения устойчивости широтно-импульсного регулирования при замкнутой петле обратной связи [3]–[5];
- блок широтно-импульсной модуляции ШИМ; формирует ШИМ-сигнал с заданной частотой дискретизации;
- блок поцикловой защиты (ПЗ); ограничивает ширину управляющего ШИМ-сигнала при поступлении сигнала от датчиков токовой перегрузки;
- блок распределения импульсов управления (РИУ); формирует сигналы переключения силовых ключей из ШИМ-сигнала; блок подключается к драйверам силовых ключей мостовой схемы;
- блоки АЦП  $U$  и АЦП  $I$ ; формируют цифровой код сигнала обратной связи выходного напряжения и тока преобразователя посредством аналого-цифрового преобразования;





ных фильтров описан недостаточно полно. В данной работе рассмотрен синтез фильтра Баттерворта 1 порядка, представляющий собой  $RLC$ -цепь, показанную на рис. 1. Предполагается, что фильтр нагружен по входу и выходу на неравные конечные сопротивления, в докладе принято  $R = 100$  Ом и  $R_H = 900$  Ом.

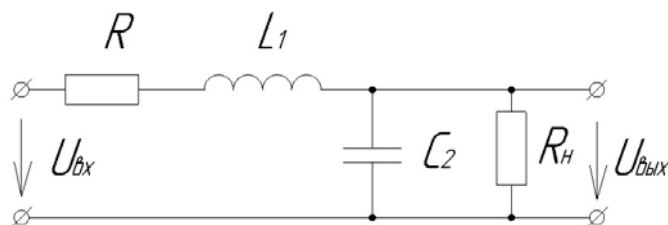


Рис. 1. Схема фильтра Баттерворта 1 порядка.

Предполагается, что на вход фильтра действует биэкспоненциальный импульс помехи, спектр которого имеет вид:

$$S(\omega) = \frac{U(\alpha_2 - \alpha_1)}{\sqrt{(\alpha_1 \cdot \alpha_2 - \omega^2) + \omega^2(\alpha_1 - \alpha_2)}};$$

$$U = 6000 \text{ В};$$

$$\alpha_1 = 9,324 \cdot 10^7;$$

$$\alpha_2 = 3,871 \cdot 10^8.$$

Указанные параметры обеспечивают полосу частот в диапазоне:

$$\omega \in (0 \div 3 \cdot 10^8) \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Рассматриваемая помеха имеет энергию, по теореме Рэлея:

$$W = \frac{1}{2\pi} \int_0^{3 \cdot 10^8} (S(\omega))^2 d\omega = 0,042 \text{ Дж}.$$

Спектр помехи представлен на рис. 2

Биэкспоненциальным импульсом может быть описана большая группа электромагнитных помех: электростатический разряд, коммутационные помехи, сверхширокополосные импульсы преднамеренного воздействия.

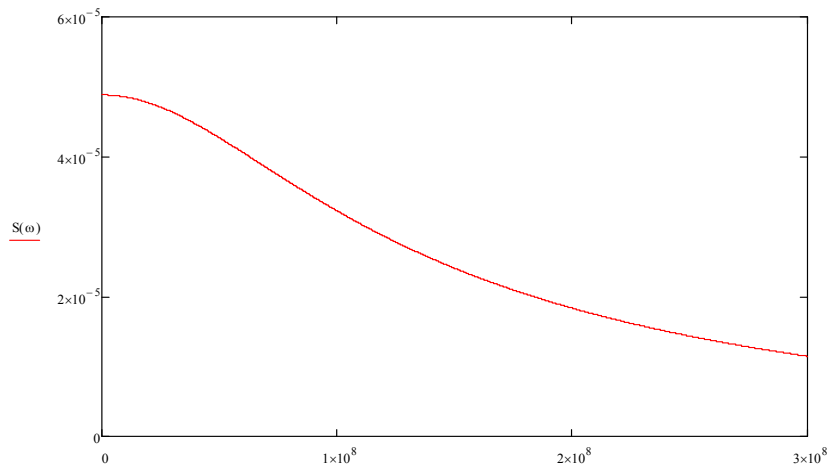


Рис. 2. Спектр рассматриваемой помехи

Синтез фильтра производится на основе полиномов Баттерворта:

$$\alpha_v = 2 \sin\left(\frac{2v-1}{n} \frac{\pi}{2}\right);$$

$$b_v = \frac{1}{b_v - 1} \left( b_0^2 - b^2 \sin^2\left(\frac{2v-1}{n} \frac{\pi}{2}\right) \right);$$

$$g_v = \frac{a_v}{b_v};$$

$$L = \frac{g_v \cdot R_H}{\omega};$$

$$C = \frac{g_v}{\omega R_H}.$$

С помощью теории четырехполюсников можно показать, что передаточная функция рассматриваемого фильтра имеет вид:

$$H(\omega) = \frac{1}{\sqrt{(1 - \omega^2 \cdot LC + RG_H)^2 + (\omega RC + \omega LG_H)^2}};$$

$$G_H = \frac{1}{R_H}.$$

Выходной спектр помехи определяется:

$$S_B(\omega) = S(\omega)H(\omega).$$

Спектр помехи на выходе фильтра представлен на рис. 3.

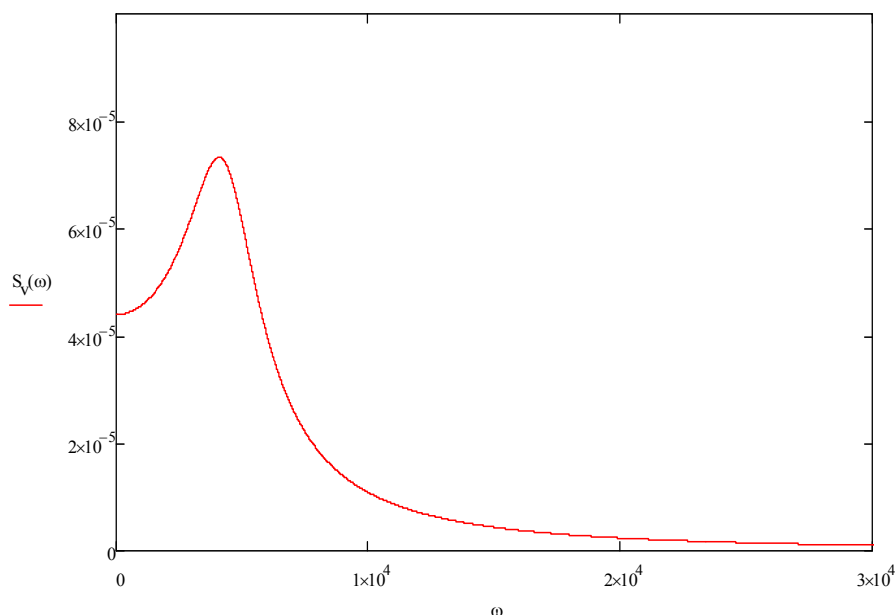


Рис. 3. Спектр рассматриваемой помехи при прохождении через фильтр

При этом энергия помехи значительно уменьшается и по теореме Рэлея составляет:

$$W = \frac{1}{2\pi} \int_0^{3 \cdot 10^8} (S_v(\omega))^2 d\omega = 1,044 \cdot 10^{-11} \text{ Дж.}$$

Представленные расчеты позволяют сделать вывод, что полоса частот помехи и заключенная в ней энергия после прохождения фильтра снижаются весьма значительно. В результате фильтрации энергия помехи не представляет опасности для современной элементной базы. На рис. 3 виден явный, но незначительный пик, вызванный резонансом напряжений в цепи фильтра. Этот пик не оказывает влияния на подавление помех, однако может произвести нежелательное усиление составляющих полезного сигнала. Это усиление может оказать вредное влияние. Поэтому при проектировании фильтра частота среза должна выбираться с учетом этого обстоятельства. Фильтрация эффективна, если спектр полезного сигнала занимает полосу частот значительно меньшую, чем полоса частот помехи.

Рассмотренный фильтр первого порядка отличается пологим спадом амплитудно-частотной характеристики. Улучшить характеристику можно, применяя многозвенные фильтры более высокого порядка. Эти фильтры оказываются достаточно громоздкими, что затрудняет их практическое применение.

Для обеспечения работы реального фильтра необходимо применять специальные конструкции дросселей и конденсаторов. Такие конструкции позволяют избежать влияния паразитных параметров элементной базы на свойства фильтра.

## Секция V ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ПОЛИТИКА

---

### ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ, СОСТАВ И СТРУКТУРА ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЙ

А. А. Иванова, Д. А. Чужева

*Филиал ТюмГНГУ Ноябрьского института нефти и газа, Россия*

Научный руководитель Р. Н. Зиязова

При осуществлении производственно-хозяйственной деятельности энергопредприятиям требуются внеоборотные и оборотные средства, которые составляют денежные и вещественные средства предприятия. Для ведения производственного процесса энергопредприятию необходимы средства производства, а для организации процессов заготовки и сбыта нужны денежные средства.

Характерной чертой основных средств является долговременность их использования. К внеоборотным средствам относятся основные средства, нематериальные активы (НМА) и долгосрочные финансовые вложения (ДФВ).

Оборотные средства переносят свою стоимость на произведенную и реализованную продукцию в течение одного хозяйственного цикла или оборота. Они используются как в сфере производства (производственные оборотные средства), так и в сфере обращения. Основные средства могут быть предназначены для ведения производственного процесса и для обслуживания социальных потребностей работников предприятия (непроизводственные основные средства). Основные и оборотные средства, применяемые для выпуска продукции, составляют производственные средства предприятия. Для энергетической отрасли характерен высокий удельный вес основных средств производства. Это связано со значительной капиталоемкостью энергетических объектов.

Основные средства – это стоимость материализованных средств труда, используемых в хозяйственном процессе. Для них характерны следующие свойства:

- участвуя в производственном процессе, они сохраняют свою натуральную форму;
- многократно используются в течение всего срока службы;
- в процессе производства основные средства переносят свою стоимость на стоимость продукции по частям по мере износа;
- возмещение их стоимости происходит постепенно по мере реализации продукции.

В зависимости от основного назначения и характера выполняемых функций основные средства энергопредприятий подразделяются на ряд групп и имеют следующую примерную структуру:

- здания производственно-технические, служебные – 14 %;
- сооружения: водопроводные, гидротехнические, канализационные – 16 %;
- передаточные устройства: электросети, теплосети, трубо- и газопроводы – 33 %;
- машины и оборудование, в том числе: силовые машины и оборудование – 32 %; рабочие машины и оборудование – 1; измерительные и регулирующие приборы и устройства – 1; вычислительная техника – 2 %;

– менее одного процента составляют: транспортные средства; инструмент со сроком службы более одного года; производственный и хозяйственный инвентарь; прочие основные средства. В составе основных средств учитываются земельные участки, объекты природопользования, находящиеся в собственности организации.

Структура основных средств зависит от вида предприятия, отрасли промышленности, климатических и геологических условий.

Для энергетики характерен высокий удельный вес силовых машин и оборудования (~ 30 %) и передаточных устройств (~ 30 %) из-за протяженности линий электропередачи. Такая же структура характерна и для промышленной энергетики, но с меньшим удельным весом передаточных устройств, так как тепловые сети не имеют большой протяженности. Для машиностроения высок удельный вес зданий, рабочих машин и оборудования (~ 40 %).

Основные средства разделяются на активные и пассивные. Активные средства связаны непосредственно с производством продукции.

Пассивные – создаются в целях обеспечения нормальной работы оборудования и людей. Оборудование является активной частью средств труда, а здания и сооружения – пассивной. С повышением мощности энергооборудования растет доля активной части. Основные средства могут быть производственного и непроизводственного назначения. К производственным относят средства, которые непосредственно участвуют в производственном процессе (машины, оборудование) и создают условия для нормального осуществления производственного процесса (здания, сооружения, передаточные устройства). В качестве непроизводственных основных средств рассматриваются жилье, медицинские, спортивно-оздоровительные сооружения и другие учреждения, обеспечивающие социальные нужды работников предприятия и числящиеся на балансе предприятия.

Учет и планирование основных средств ведутся в натуральной и денежной формах. Натуральные измерители служат для определения технического состава и мощности оборудования, его состояния и возрастной структуры. Для этого проводятся ежегодная инвентаризация основных средств и периодическая паспортизация.

Стоимостная форма учета необходима для определения общей стоимости основных средств предприятия, установления их износа, начисления амортизации, расчета издержек производства, прибыли и рентабельности. Существует несколько видов денежной оценки основных средств, т. е. различают стоимость:

- первоначальную;
- восстановительную;
- балансовую;
- изношенную;
- остаточную;
- ликвидационную (ликвидную).

Первоначальная стоимость – это стоимость, по которой основные средства приобретались. Чтобы привести к сопоставимому виду стоимости средств, созданных в разные периоды времени, используется восстановительная стоимость, которая присваивается фондам после проведения переоценки. После переоценки в учете и отчетности, при начислении износа и при проведении экономического анализа применяется восстановительная стоимость основных средств. Восстановительную стоимость рассчитывают умножением соответствующего коэффициента на балансовую стоимость каждого вида средств, числящихся на учете на дату переоценки.

Стоимость, по которой основные средства числятся на балансе предприятия, называется балансовой. Баланс – это документ, содержащий информацию об имуще-

стве предприятия. Балансовая стоимость предприятия меняется при введении новых средств и списании изношенных, отслуживших свой срок. Для расчета основных технико-экономических показателей предприятия используют усредненное значение – среднегодовую балансовую стоимость основных средств:

$$K_{\text{ср.г}} = K_{\text{б}} + K_{\text{в.в}} (T_{\text{в.в}}/T_{\text{г}}) - K_{\text{выб}} (1 - T_{\text{выб}}/T_{\text{г}}),$$

где  $K_{\text{б}}$  – балансовая стоимость основных средств на начало года;  $K_{\text{в.в}}$  – балансовая стоимость вновь вводимых средств;  $T_{\text{в.в}}$  – период эксплуатации вновь введенных основных средств в течение года;  $T_{\text{г}}$  – рассматриваемый период времени (год);  $K_{\text{выб}}$  – балансовая стоимость выбывших за год средств;  $T_{\text{выб}}$  – период эксплуатации выбывших основных средств в течение года.

В процессе эксплуатации основные средства изнашиваются. Износ может измеряться в процентах или в стоимостном выражении. Процент износа  $I_{\%}$  может быть определен как произведение нормы амортизации  $N_{\text{ам}}$  на срок эксплуатации  $T_{\text{э}}$  основных средств:

$$I_{\%} = N_{\text{ам}} T_{\text{э}}.$$

Изношенная стоимость (списанная в виде износа) находится по формуле

$$K_{\text{изн}} = K_{\text{б}} I_{\%} / 100.$$

При проведении экономического анализа используют и остаточную стоимость основных средств  $K_{\text{ост}}$ . Остаточная стоимость – это часть стоимости основных средств, которая еще не перенесена на произведенную продукцию. Остаточная стоимость определяется как разница между первоначальной стоимостью и суммой износа:

$$K_{\text{ост}} = K_{\text{б}} - K_{\text{изн}} = K_{\text{б}} (1 - N_{\text{ам}} T_{\text{э}} \cdot 10^{-2}).$$

При ликвидации основные средства могут быть полностью или частично реализованы. Стоимость реализации отработавших и демонтированных основных средств называется ликвидной или ликвидационной стоимостью  $K_{\text{лик}}$ .

Основные производственные фонды определяют мощность (производительность) энергетических объектов, исчисляемую в кило- и мегаваттах, в тоннах в час – пара; в гигакалориях в час – теплоты и холода; в кубометрах в час – сжатого воздуха, газов и воды.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ремезов, А. Н. Проблемы технического перевооружения и продления ресурса оборудования электростанций / А. Н. Ремезов // *Электр. станции.* – 2009. – № 9. – С. 77–79.

## ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ ПЕРЕВОЗОК НАСЕЛЕНИЯ ТРАНСПОРТОМ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В ГОМЕЛЕ

А. О. Жигалова

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

Научный руководитель И. В. Бабына

Транспорт – одна из важнейших отраслей экономики, которая обеспечивает производственные связи отраслей хозяйства, перевозки грузов и пассажиров, являет-

ся составляющей общественного разделения труда. Уровень развития транспортной системы государства – один из важнейших признаков ее технологического прогресса и цивилизованности, и она является одной из важнейших экономических подсистем народного хозяйства страны.

В Гомеле имеется три вида массового общественного пассажирского транспорта – автобус, троллейбус и маршрутные такси, которые обеспечивают связи жилых массивов между собой, с центром города и промышленными предприятиями и застроенными территориями, расположенными в непосредственной близости от городской черты.

Перевозки пассажиров организованы по 28 троллейбусным, 67 автобусным маршрутам и 24 маршрутам, обслуживаемым автомобилями-такси. Обслуживают автобусные маршруты ОАО «Гомельский автобусный парк № 1» и ОАО «Автобусный парк № 6». Троллейбусные маршруты обслуживают троллейбусные парки № 1 и № 2 КУП «Горэлектротранспорт» г. Гомеля. Организацию перевозок автомобилями-такси осуществляет КТУП «Гомельоблпассажиртранс». Доля каждой организации на рынке транспортных услуг г. Гомеля в 2013 г. представлена в таблице.

#### Показатели работы организаций общественного транспорта на рынке транспортных услуг г. Гомеля

Организации	Доля на рынке транспортных услуг г. Гомеля, %	Доля субсидий в доходах организации, %
КУП «Горэлектротранспорт»	18	43,3
ОАО «Гомельский автобусный парк № 1»	34	43,2
ОАО «Автобусный парк № 6»	37	37,3
КТУП «Гомельоблпассажиртранс»	11	–

Троллейбусная сеть Гомеля была открыта 20 мая 1962 г. Уровень доходов КУП «Горэлектротранспорт» с 2011 по 2013 г. увеличился больше, чем в 2 раза, тогда как уровень дотаций из бюджета увеличился в 3,5 раза и достиг 43,3 % в общих доходах организации. Эта тенденция оценивается негативно, так как в последние годы государство пытается перевести транспортные предприятия на самоокупаемость, следовательно, сократить долю дотаций. Но из-за низких доходов и больших затрат на перевозку это сложно осуществить. Что касается эффективности деятельности автобусных парков, можно отметить, что при росте собственных доходов доля государственного финансирования с каждым годом также увеличивается. Следовательно, деятельность основных организаций является убыточной, а услуги признаются социально значимыми. Единственной прибыльной организацией является КТУП «Гомельоблпассажиртранс», обслуживающее линии маршрутных такси. Уровень рентабельности составляет около 19 %.

В Гомеле – около 500 ед. общественного транспорта. Ежедневно выходят на линию 175 троллейбусов и примерно 300 автобусов. Социальный стандарт – 4 ед. на 100 тыс. населения – выполняется и даже немного превышен. Где пассажиропоток наибольший, а на каких маршрутах салоны полупустые, постоянно отслеживают автобусные парки. Исходя из этих данных, на маршруты добавляются транспортные единицы либо снимаются, корректируются сами маршруты.



Уровень обеспеченности населения города общественным транспортом характеризуется самостоятельной системой показателей. Ключевыми являются: годовой объем перевозок (отправлений) пассажиров городским общественным транспортом; пассажирооборот; показатель общих затрат времени пассажиров на поездку (передвижение); количество пассажирокилометров на одного жителя за период времени (сутки, месяц, год); наполняемость подвижного состава (количество пассажиров на один машинокилометр) и др. Рассмотрим их подробнее на примере г. Гомеля.

Показатель годового объема перевозок (отправлений) пассажиров городским общественным транспортом составил в 2013 г. 221 630,1 тыс. чел., что на 2,2 % ниже, чем в 2012 г. Это снижение связано, прежде всего, со все растущей автомобилизацией населения: в одном областном центре зарегистрировано более 150 тыс. транспортных средств. Хотя, по данным Национального статистического комитета, в Гомельском регионе их число меньше, чем в любой другой области Беларуси. На 1000 чел. здесь приходится 240 легковых автомобилей при среднем показателе по стране 282.

Следующий показатель, характеризующий обеспеченность населения города услугами общественного транспорта, – пассажирооборот. Так, средняя цифра по нему в Гомеле составила 1044,3 млн пассажиро-километров. При этом показатель по электротранспорту был наибольшим и составил 395,4 млн пассажирокилометров, а по автобусному парку № 1 был наименьшим и составил 217,3 млн пассажирокилометров. Если сравнить с республиканскими и областными показателями, то количество перевезенных пассажиров и пассажирооборот в г. Гомеле значительно их превышают. По пассажирообороту городского электрического транспорта город Гомель находится на втором месте после Минска. Важно отметить количество пассажирокилометров в на одного жителя, которое по Гомелю составило 0,63.

Не менее важным является показатель общих затрат времени пассажиров на поездку (передвижение). Затраты времени на перемещение в городских условиях в большей степени зависят от состояния улично-дорожной сети, интенсивности транспортного потока и т. д. Сравнительно мало – от непосредственных организаторов транспортного обслуживания. Затраты времени на пешеходные подходы к остановочному пункту и ожидание транспорта имеют уже большую зависимость от организации работы транспорта. В данной работе был взят усредненный показатель. Средняя эксплуатационная скорость общественного транспорта Гомеля составила порядка 20 км/ч. Среднее время движения при средней длине маршрута 27,01 км составило 44 мин. Средний интервал ожидания транспорта – 15 мин. Взято одинаковое значение  $t_n$  – время подхода к остановке и от нее – к пункту назначения, равное 7,5 мин. Итого: показатель общих затрат времени пассажиров на поездку составил 1 ч 7 мин. Данное значение получилось больше 1 ч, что свидетельствует о так называемой «транспортной отсталости». Однако для Гомеля это объясняется только лишь неравномерно организованной транспортной сетью и недостаточно развитой транспортной инфраструктурой, особенно в новых, строящихся районах города.

Наполняемость подвижного состава (количество пассажиров на один машинокилометр) – еще один показатель, ярко характеризующий удовлетворенность потребности в перевозках. В Гомеле он составил почти 9 пассажиров на 1 км пробега по всем предприятиям транспорта.

Таким образом, в ходе анализа обеспеченности населения г. Гомеля транспортом общественного пользования были выявлены следующие проблемы:

– низкая окупаемость городских пассажирских перевозок, недостаточное их субсидирование со стороны государства (возмещение за некупаемые рейсы из местных бюджетов слишком мало и его недостаточно для покрытия издержек);

- низкая разработанность нормативов и стандартов в сфере организации перевозок пассажиров транспортом общего пользования;
- достаточно высокие затраты времени пассажиров на поездку (передвижение);
- высокая степень износа основных фондов (особенно активной его части – подвижного состава) и др.

Для решения существующих в г. Гомеле проблем организации перевозки населения транспортом общего пользования необходимо осуществить ряд мероприятий (рис. 1).

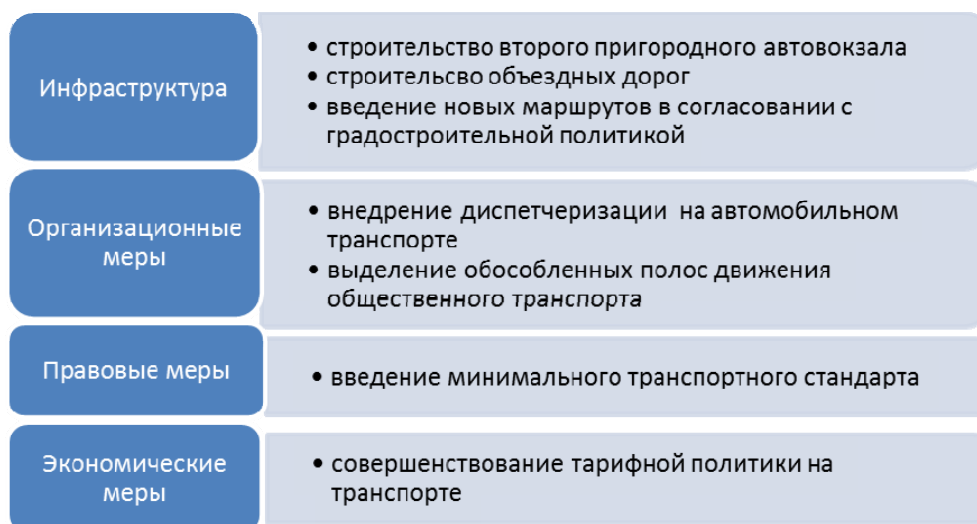


Рис. 1. Пути решения проблем организации обеспечения населения г. Гомеля транспортом общего пользования

Дополнительно необходимо развивать конкурентные отношения в сфере городского автомобильного пассажирского транспорта, чему будут способствовать следующие основные мероприятия: обозначение и актуализация проблемы развития конкуренции на рынке городского автомобильного пассажирского транспорта в программах развития региона; распространение в сфере городского автомобильного пассажирского транспорта механизмов государственно-частного партнерства; обеспечение равного доступа частных структур на рынок оказания автобусных пассажирских услуг; построение системы мониторинга за деятельностью государства и частных структур в сфере пассажирских перевозок; разработка мер по сокращению нецелесообразного государственного участия в деятельности частных автотранспортных предприятий; анализ обращений предпринимателей, осуществляющих деятельность в сфере городского автомобильного пассажирского транспорта, на действия, препятствующие ведению бизнеса, например, необоснованная заморозка тарифов и выработка механизма устранения причин, создающих неблагоприятные условия для развития конкуренции.

Все предложенные меры будут способствовать повышению количественных и качественных характеристик в сфере организации городских перевозок населения.

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОНЦЕПЦИИ ОБЩЕЙ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ****Г. Г. Немирский***Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель Е. В. Трейтьякова

На многих предприятиях часто возникают проблемы, связанные с функционированием технологического оборудования. Главным препятствием для эффективного использования оборудования являются простои. Вследствие простоев оборудования предприятия могут впустую использовать до 40 % своих производственных мощностей. Простои приводят к срывам производственного плана, изменениям сроков поставки продукции, снижению качества продукции. Вопрос простоев и эффективности работы оборудования выходит на первое место в деле сохранения бизнеса как такового.

Для успешной работы предприятия требуется современный подход, который позволит повысить производительность оборудования, устранить узкие места, ускорить движение потоков, снизить потери и количество отказов. Для реализации такого подхода необходимо правильное и объективное измерение фактической эффективности производства и потерь, базирующихся на точных данных, поступающих в реальном времени. Использование такой концепции, как общая эффективность оборудования, известная в английском сокращении как ОЕЕ (Overall Equipment Effectiveness), является отправной точкой для решения проблем потери эффективности.

ОЕЕ – это распространенная система анализа общей эффективности работы оборудования, предназначенная для контроля и повышения эффективности производства и основанная на измерении и обработке конкретных производственных показателей. Концепция ОЕЕ проста и универсальна. Ее используют для того, чтобы измерять и улучшать эффективность эксплуатации оборудования в различных компаниях по всему миру. Для достижения цели задействуются все подразделения: конструкторские, коммерческие, управленческие, но, прежде всего, производственные. В достижении цели участвует весь персонал – от высшего руководителя до работника «первой линии».

Перед тем как продолжить рассматривать концепцию ОЕЕ, необходимо договориться о терминологии. Как уже было сказано, ОЕЕ – система анализа общей эффективности работы оборудования. В то же время очень часто под ОЕЕ понимается собственно коэффициент, характеризующий работу оборудования. Чтобы не было путаницы, в дальнейшем будем говорить «ОЕЕ», когда речь идет о концепции, и «показатель ОЕЕ» – во втором случае.

Расчет показателя ОЕЕ проводится для наиболее критичных единиц оборудования и на основании выявленных потерь.

Чтобы оценить показатель ОЕЕ, нужно отслеживать работу конкретного станка или протекание процесса, во время которого происходит создание ценности. В большинстве случаев целесообразно регистрировать три параметра работы оборудования: загруженность по времени, загруженность по производительности и выход качественной продукции. Показатель ОЕЕ рассчитывается произведением трех коэффициентов – результатов фиксации этих параметров работы оборудования, соответственно.

Показатель ОЕЕ рассчитывается по формуле (1):

$$OEE = K_{\text{гот}} \cdot K_{\text{пр.об}} \cdot K_{\text{кач}} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где  $OEE$  – коэффициент общей эффективности оборудования, %;  $K_{\text{гот}}$  – коэффициент загрузки по времени, характеризующий эксплуатационную готовность оборудования;  $K_{\text{пр.об}}$  – коэффициент загрузки по производительности, характеризующий фактическую производительность оборудования;  $K_{\text{кач}}$  – коэффициент выхода качественной продукции, учитывающий количество брака.

Анализ показателя OEE берет начало с общего рабочего времени, которое определяется путем вычета из календарного фонда времени нерабочего времени (выходных и праздничных дней) с учетом сменности работы оборудования и установленных перерывов в работе в течение суток.

Второй важной вводной является время запланированных остановок. Оно включает время плановых простоев оборудования в ремонте, а также затраты времени на его наладку и переналадку, т. е. время, которое необходимо исключить из анализа эффективности, поскольку производство в этот момент невозможно. Разница между режимным фондом времени работы оборудования и временем плановых остановок называется чистым рабочим временем [3, с. 34].

Коэффициент загрузки по времени анализирует потери из-за простоев, включающие в себя любые внеплановые остановки, например, поломки и отказы оборудования, остановки из-за дефицита сырья или отсутствия места для складирования и т. п. Время переходов также входит в OEE-анализ, так как оно является одной из форм простоя. Хотя время перехода невозможно устранить, в большинстве случаев оно может быть сокращено. Рабочее время, оставшееся после учета потерь из-за простоев, называется машинным временем.

Коэффициент загрузки по времени рассчитывается по формуле (2):

$$K_{\text{гот}} = \frac{T_{\text{маш}}}{T_{\text{раб}}}, \quad (2)$$

где  $T_{\text{маш}}$  – машинное время, ч;  $T_{\text{раб}}$  – чистое рабочее время, ч [1, с. 54].

Коэффициент загрузки по производительности учитывает потери скорости, которые включают в себя все факторы, вызывающие снижение рабочей скорости оборудования по сравнению с максимально возможной. К таким факторам относят износ машин, использование некачественных материалов, неправильную подачу, неэффективные действия оператора и пр.

Расчет коэффициента загрузки по производительности осуществляется по формуле (3):

$$K_{\text{пр.об}} = \frac{Q_{\text{факт}}}{Q_{\text{план}}}, \quad (3)$$

где  $Q_{\text{факт}}$  – текущая выработка, деталей/ч;  $Q_{\text{план}}$  – запланированная выработка, деталей/ч [1, с. 54].

Коэффициент выхода качественной продукции учитывает потери в качестве, которые включают в себя производство несоответствующей стандартам продукции.

Коэффициент выхода качественной продукции рассчитывается по формуле (4):

$$K_{\text{кач}} = \frac{N_{\text{кач}}}{Q_{\text{факт}}}, \quad (4)$$

где  $N_{\text{кач}}$  – количество качественных изделий, изготовленных на данной единице оборудования за текущий период, деталей [1, с. 54].

Измерение показателя ОЕЕ предполагает мониторинг того, как функционирует оборудование или протекает процесс. Одним из наиболее распространенных подходов к наблюдению является сравнение показателя общей эффективности оборудования с некоторым целевым значением. По опыту ведущих предприятий загруженность по времени должна составлять 75 % или выше, загруженность по производительности – 70 % или выше, а желаемый коэффициент выхода качественной продукции – 99 %. Показатель ОЕЕ устанавливается на уровне 80 % или выше.

Одним из основных способов повышения эффективности использования оборудования согласно ОЕЕ является внедрение на предприятии автономного обслуживания оборудования.

Автономное обслуживание оборудования – это действия, которые помогают улучшить состояние оборудования, выявить неисправности и проблемные места. Автономное обслуживание осуществляется операторами совместно с сотрудниками отдела ремонта. Такой подход к обслуживанию станков в корне меняет сложившуюся установку, что операторы должны управлять станками, а ремонтники – устранять неисправности. Именно операторы располагают знаниями и умениями, которые помогают предотвратить сбой в работе оборудования [3, с. 70].

Измерением показателя ОЕЕ и улучшением функционирования станков должны заниматься рабочие. Операторы хорошо знают особенности функционирования оборудования, поэтому они лучше всего понимают, каким образом следует совершенствовать работу станков. Значит, сбор данных для расчета показателя ОЕЕ целесообразно поручать рабочим, эксплуатирующим данное оборудование [3, с. 50].

Операторы должны регистрировать все фактические случаи остановки независимо от их длительности и причин. Когда график ведется долго и без ошибок, регистрация повторяющихся проблем позволит выявить тенденции и наметить пути предотвращения производственных потерь [2, с. 53].

Постоянно проводимый мониторинг показателя общей эффективности оборудования позволит выявить не только простои из-за поломок, но и потери из-за неэффективной настройки оборудования, снижения производительности его работы или ожидания поступления материалов. В конечном итоге показатель ОЕЕ позволит проследить, каково влияние текущей производительности отдельной единицы оборудования на эффективность работы целого производства.

#### Л и т е р а т у р а

1. Аникеева, О. В. Анализ общей эффективности использования профилегибочного оборудования на ООО «Мегаполис СМУ» / О. В. Аникеева, Р. Ю. Шаповалов // Инновации, качество и сервис в технике и технологиях : сб. науч. тр. 4-й Междунар. науч.-практ. конф., 4–5 июня 2014 г. : в 3 т. / Юго-Зап. гос. ун-т ; А. А. Горохов (отв. ред.). – Курск, 2014. – Т. 1. – 391 с.
2. Вейдер, М. Инструменты бережливого производства: мини-руководство по внедрению методик бережливого производства : пер. с англ. / М. Вейдер. – 4-е изд. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2008. – 125 с.
3. Общая эффективность оборудования / пер. с англ. – М. : Ин-т комплекс. стратег. исслед., 2007. – 120 с.

## КОНЦЕПЦИЯ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА – ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

А. В. Дехтяров

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

Научный руководитель А. Ф. Надыров

Бережливое производство сегодня повсеместно признается как наиболее эффективный, надежный и малозатратный путь компаний к выходу из кризиса и повышению конкурентоспособности. Его методы позволяют без значительных капитальных затрат повысить производительность, улучшить качество продукции или услуг, сократить издержки, время производственного цикла [1, с. 65].

Бережливое производство (Lean production, Lean manufacturing, далее – Lean) – представляет собой подход к управлению организацией, направленный на повышение качества работы за счет сокращения потерь. Этот подход распространяется на все аспекты деятельности – от проектирования и производства до сбыта продукции.

Принципы бережливого производства были разработаны японскими компаниями в конце 1980-х – начале 1990-х гг.

Подход системы Lean ставит своей целью сократить действия, которые не добавляют ценности продукту, на всем его жизненном цикле.

Принципы системы Lean подразумевают постоянную длительную работу по совершенствованию качества и сокращению потерь. Для достижения поставленных целей применяется набор инструментов качества. Внедрение принципов бережливого производства осуществляется на основе разработанных методов.

Чтобы внедрить бережливое производство, необходимо понимать принципы этой системы. Сами по себе они довольно просты, но их реализация требует от организации больших усилий.

Основные принципы системы Lean можно сформулировать следующим образом:

– определить, что создает ценность продукта с точки зрения конечного потребителя. В организации может выполняться множество действий, которые не важны для потребителя. Только в том случае, когда организация точно знает, что необходимо потребителю, она может определить, какие процессы ориентированы на предоставление потребителю ценности, а какие – нет;

– определить все необходимые действия в цепочке производства продукции и устранить потери. Для оптимизации работы и выявления потерь необходимо детально описать все действия от момента получения заказа до поставки продукции потребителю. За счет этого можно определить потенциальные возможности для улучшения процессов;

– перестроить действия в цепочке производства таким образом, чтобы они представляли собой поток работ. Действия в процессах необходимо выстроить так, чтобы между операциями не было ожиданий, простоев или иных потерь. Это может потребовать перепроектирования процессов или применения новых технологий. Все процессы должны состоять из действий, добавляющих ценность продукту;

– делать только то, что необходимо конечному потребителю. Организация должна выпускать только ту продукцию и в таком количестве, которое необходимо конечному потребителю;

– стремиться к совершенству за счет постоянного сокращения ненужных действий. Реализация системы бережливого производства не может являться разовым ме-

роприятием. Взявшись за внедрение этой системы, необходимо постоянно совершенствовать работу за счет поиска и устранения потерь.

В любой организации потенциально может быть большое количество потерь, приводящих к снижению эффективности работы. Эти потери представляют собой действия, не приносящие ценности конечному потребителю. Если организация выявит и устранил такие потери, то это позволит ей повысить эффективность и тем самым снизить стоимость продукции для конечного потребителя [2, с. 142].

Бережливое производство выделяет 7 видов потерь:

1) транспортировка – транспортировку готовой продукции и незавершенного производства необходимо оптимизировать по времени и расстоянию. Каждое перемещение увеличивает риск повреждения, потери, задержки, и, что еще важнее, чем дольше продукт перемещается, тем больше накладные расходы. Транспортировка не прибавляет ценности продукту, и потребитель не готов за нее платить;

2) запасы – чем больше запасов находится на складах и в производстве, тем больше денежных средств оказываются «замороженными» в этих запасах. Запасы не добавляют продукту ценности;

3) движения – лишние движения операторов и оборудования увеличивают потери времени, что опять же приводит к увеличению стоимости без увеличения ценности продукта;

4) ожидание – продукты, находящиеся в незавершенном производстве и ожидающие своей очереди на обработку, увеличивают стоимость без увеличения ценности;

5) перепроизводство – этот вид потерь является наиболее существенным из всех. Нереализованная продукция требует затрат на производство, затрат на хранение, затрат на учет и других затрат;

6) технология – этот вид потерь связан с тем, что технология производства не позволяет реализовать в продукции все требования конечного потребителя;

7) дефекты – каждый дефект приводит к дополнительным затратам времени и денег.

Иногда в системе Lean добавляют и еще один вид потерь – это потери от неправильной расстановки персонала. Этот вид потерь появляется, если персонал выполняет работу, не соответствующую его навыкам и опыту.

Бережливое производство является логическим развитием многих подходов управления, созданных в японском менеджменте. Поэтому система Lean включает в себя большое число инструментов и методик из этих подходов, а зачастую и сами подходы управления. Перечислить все инструменты и методики довольно сложно. Тем более, что состав применяемых инструментов будет зависеть от условий конкретных задач конкретного предприятия. Основные инструменты и подходы управления, которые входят в состав инструментов бережливого производства, – это:

– Just in Time (точно в срок) – подход к управлению производством на основе потребительского спроса. Позволяет производить продукцию в нужном количестве в нужное время.

– Кайдзен (kaizen) – подход к управлению организацией на основе непрерывного улучшения качества. В этом подходе сотрудники регулярно и активно работают над совершенствованием своей деятельности.

– 5S – методология совершенствования рабочего пространства, входящая в состав подхода «кайдзен». Позволяет сократить потери, связанные с плохой организацией рабочего места.

– Андон (Andon) – визуальная система обратной связи на производстве. Она дает возможность всем сотрудникам видеть состояние производства, предупреждает, когда необходима помощь, и позволяет операторам остановить производственный процесс в случае возникновения проблем.

– Канбан – система регулирования потоков материалов и товаров внутри организации и за ее пределами – с поставщиками и заказчиками. Позволяет сократить потери, связанные с запасами и перепроизводством.

– SMED (Single Minute Exchange of Die) – система, позволяющая сократить потери времени, связанные с установкой заготовок.

– Стандартизация работы – элемент подхода «кайдзен». Позволяет документировать процессы, за счет чего создается основа для улучшения деятельности.

Многие из этих подходов и инструментов могут использоваться и по отдельности, но в концепции бережливого производства их сочетание дает более существенные результаты. Комбинация методик, инструментов и подходов поддерживает и усиливает друг друга, за счет этого сама система Lean становится более гибкой.

Изначально бережливое производство применялось на автомобильных заводах. Со временем подход был адаптирован к условиям различных отраслей. Сейчас среди компаний, применяющих бережливое производство, можно встретить как промышленные, крупные предприятия, так и малые предприятия, организации сферы услуг.

Применение системы Lean можно встретить в таких областях деятельности, как:

- промышленность;
- логистика (в этой сфере бережливое производство стало называться «бережливая логистика»);
- банковские услуги;
- торговля;
- информационные технологии (в этой сфере систему называют «бережливая разработка программного обеспечения»);
- строительство (система бережливого производства называется «бережливое строительство»);
- образование;
- медицина (в этой сфере систему называют «бережливое здравоохранение»);
- нефтедобыча и другие области деятельности.

В какой бы сфере не применялся подход бережливого производства, везде он требует некоторой адаптации под конкретные условия. Тем не менее, его применение в любой организации позволяет добиться существенного повышения эффективности работы и сокращения потерь.

Таким образом, основной задачей организации, внедряющей систему бережливого производства, является, в первую очередь, сокращение действий, не приносящих ценности. Это позволит значительно уменьшить производственный цикл и снизить конечную стоимость продукции.

#### Литература

1. Бухалков, М. И. Организационно-экономические основы бережливого производства / М. И. Бухалков, М. А. Кузьмин // Организатор пр-ва. – 2009. – № 4. – С. 63–68
2. Хитоси, Такеда Синхронизированное производство / Такеда Хитоси. – М. : ИКСИ, 2008. – С. 140–147.



## ПРИНЦИПЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ОЕЕ

А. А. Глузд

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

Научный руководитель А. Ф. Надыров

Концепция ОЕЕ (Overall Equipment Effectiveness) – это подход к наблюдению и управлению жизненным циклом фондов. Он был предложен в конце 60-х гг. прошлого века японцем Накадзима (Seiichi Nakajima), но начал использоваться за пределами Японии только в конце 80-х гг.

Суть подхода заключается в совокупном анализе метрик, характеризующих различные аспекты работы оборудования, включающие простои, снижение скорости и потери качества. Самое важное замечание, о котором нужно сказать, это то, что ОЕЕ можно интерпретировать лишь как эффективность оборудования, не персонала. Безусловно, персонал во многом влияет на работу оборудования и в процессе анализа ОЕЕ можно получить информацию о мере этого влияния, однако сам по себе коэффициент ОЕЕ относится лишь к оборудованию.

### **Расчет показателей ОЕЕ**

Для анализа эффективности работы оборудования разработана система КРІ (Key Performance Indicators – ключевых показателей производительности). Но перед тем, как начать их рассматривать, необходимо договориться о терминологии. Как уже было сказано, ОЕЕ – это подход к наблюдению за работой оборудования. В то же время очень часто под ОЕЕ понимается собственно коэффициент, характеризующий работу оборудования. Чтобы не было путаницы, в дальнейшем будем говорить «ОЕЕ», когда речь идет о подходе, и «показатель ОЕЕ – во втором случае.

По существу, показатель ОЕЕ представляет собой отношение полностью продуктивного времени работы (идеального времени производства) к плановому времени работы. С учетом потерь производительности и качества этот коэффициент может быть рассчитан по формуле (1):

$$\text{ОЕЕ} = \text{Доступность} \cdot \text{Производительность} \cdot \text{Качество},$$

где Доступность = Рабочее время / Плановое время; Производительность = Произведенная продукция / (Идеальная скорость · Рабочее время); Качество = Качественная продукция / Произведенная продукция.

Легко видеть, что, подставив значения множителей в формулу (1) и произведя сокращения, можно получить, что показатель ОЕЕ равен отношению объема произведенной качественной продукции к плановому времени, умноженному на идеальную скорость. Таким образом, его также можно определить как отношение объема произведенной качественной продукции к идеальному объему, который мог быть произведен, если бы оборудование работало на протяжении запланированного времени на максимальной (идеальной) скорости.

Эти выкладки приведены для того, чтобы прояснить смысл данного показателя. Несмотря на то, что для расчета показателя ОЕЕ можно обойтись без информации о рабочем времени и произведенной продукции, эти величины необходимо фиксировать. Они нужны, поскольку кроме самого показателя ОЕЕ нас также интересует вся тройка множителей формулы (1): доступность, производительность и качество. Зачем? Для анализа.

Дело в том, что наблюдение за значением ОЕЕ является как бы отправной точкой. Обнаружив, что значение ОЕЕ отличается от целевого (например, оно упало по сравнению с предыдущим периодом), можно посмотреть, что повлияло на это падение. Анализируя значения каждого из трех коэффициентов и сравнивая их, например, со значениями за предыдущие периоды, мы постепенно локализуем причину потери эффективности. Если проблема лежит в области качества или снижения скорости работы оборудования, то это является сигналом для соответствующих служб. Если проблема лежит в области доступности, то можно произвести более глубокий анализ причин, который мы рассмотрим чуть позже, когда будем говорить об управлении простоями оборудования.

Разумеется, набор КРІ для оценки эффективности работы не ограничивается описанными показателями. Они являются наиболее общими и в дальнейшем детализируются до необходимого уровня.

Еще к одной особенности ОЕЕ следует отнести тот факт, что все три его составляющие входят в него с одинаковым «весом», т. е. изменение по любой из его составляющих на одинаковую величину ведет к одинаковому изменению ОЕЕ. В общем случае это можно считать правильным, но есть исключения, когда, например, выпуск некачественного продукта оказывает гораздо более весомое значение, чем уменьшение количества выпущенного продукта. Тогда на производстве могут вводиться свои показатели эффективности по примеру ОЕЕ, но с учетом этих особенностей.

В его структуре уже содержится методика анализа, которая заключается в последовательном погружении в проблемные области, будь то неоптимальная организация работы оборудования, низкая его производительность, или брак получаемой продукции. В результате анализа выявляется причина снижения эффективности, на которой необходимо сфокусировать внимание. ОЕЕ позволяет выявить потери и причины неэффективности работы. В результате выявляются не только простые из-за поломок, но и потери из-за неэффективной настройки оборудования, снижения производительности его работы или ожидания поступления материалов. В конечном итоге ОЕЕ позволяет проследить, каково влияние текущей производительности отдельной единицы оборудования на эффективность работы целого производства.

Наличие достоверных результатов измерения производительности фондов позволяет принимать взвешенные решения о капитальных вложениях, обеспечивающих более быстрый возврат инвестиций. На основе данных ОЕЕ делается вывод, возможно ли улучшение производительности на существующем оборудовании или же его возможности фактически исчерпаны и для увеличения производительности необходимо новое.

#### **Оптимальное значение ОЕЕ**

Оптимальным значением показателя ОЕЕ специалисты считают более 80 % для дискретных процессов и более 85 % – для непрерывных. Соответственно, если на предприятии показатель ОЕЕ:

- меньше 65 % – значит предприятию срочно нужна помощь;
- от 65 % до 75 % – удовлетворительно, но есть существенный неиспользуемый резерв;
- более 75 % – хороший результат, однако и в этом случае есть возможности для улучшения.

#### **Причины, влияющие на уменьшение значения показателя ОЕЕ**

1. Время загрузки (плановое время): время подготовки к запуску производственного процесса, включая переналадку оборудования, период загрузки информации, внеплановые остановки на проверку оборудования, персонала и качества.

2. Время, в течение которого выпуск продукции не запланирован графиком. Включает в себя плановые остановки для технического обслуживания оборудования; плановые совещания; время на выпуск опытных партий (если этот продукт не собираются продавать); плановое обучение (если при этом не производится продукт); нерабочее время – праздники и выходные дни.

3. Количество некачественного продукта.

4. Время остановки – как плановое, так и внеплановое время.

5. Работа оборудования с более низкой скоростью, чем ожидалось для производства продукта этого размера и формата. Это потерянное время, которое представляет собой разницу между требуемым временем и временем, фактически затраченным на производство продукта.

#### **Опыт мировых производителей**

По данным исследований [1], лучшие мировые производители достигают уровня производственного процесса с показателями ОЕЕ выше 85 %. Значения основных показателей в случае достижения этого значения приведены в таблице. Эти данные актуальны для непрерывных производств. Для дискретных производств аналогичный показатель ОЕЕ равен 80 % [2].

#### **Значение показателей ОЕЕ лучших мировых производителей**

Показатель	Значение
Доступность	90,0 %
Производительность	95,0 %
Качество	99,9 %
ОЕЕ	85,4 %

Отметим, что для многих предприятий значение показателя качества превосходит указанное в таблице. Однако согласно исследованиям, среднее значение показателя ОЕЕ для производителей не превышает 60 %. Данный факт указывает на потенциальные возможности оптимизации производства в области производительности и доступности.

Таким образом, методика ОЕЕ дает возможность систематизировать факторы, снижающие эффективность работы оборудования, увидеть степень их воздействия и, как следствие, влиять на результат не на уровне предположений и интуиции, а используя современный и эффективный инструмент управления. Для любого достаточно крупного и современного производства это крайне важно.

#### **Литература**

1. Molinari, A. Overall Equipment Effectiveness (OEE) / A. Molinari. – Режим доступа: [http://www.simatic-it.ru/articles/files/OEE\\_DTM\\_V7.pdf](http://www.simatic-it.ru/articles/files/OEE_DTM_V7.pdf).
2. Скворцов, Д. Сила ОЕЕ / Д. Скворцов. – Режим доступа: <http://www.ifsrussia.ru/publoee.htm>.

## СОКРАЩЕНИЕ ЗАПАСОВ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ КАК ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СБЫТОВОЙ ПОЛИТИКИ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ

Ю. О. Андриевская

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

Научный руководитель Н. К. Ландова

На современном этапе развития Республики Беларусь задачей первостепенной важности является обеспечение стабильной работы предприятий по выпуску конкурентоспособной продукции. Успех на рынке в продаже того или иного товара зависит от особенностей организации сбытовой деятельности предприятия. Производимые товары не должны оставаться на складах, их необходимо доводить до потребителя в том месте, количестве и качестве, которые требуются. Исходя из этого, выбранные предприятием каналы распределения самым непосредственным образом будут влиять на рост доли рынка, на увеличение прибыли предприятия, а также на повышение эффективности его деятельности за счет снижения затрат на продвижение и сбыт произведенной продукции. Актуальность данной темы состоит в том, что решения о выборе каналов распределения являются одними из самых сложных решений, которые необходимо принять руководству в целях формирования оптимальной сбытовой политики предприятия.

Излишки запасов готовой продукции приводят к замораживанию средств предприятия, а также к их нерациональному использованию. Происходит увеличение затрат на хранение запасов, их устаревание. Все это ведет к формированию недостатка финансовых ресурсов. На предприятии необходимо заниматься нормированием запасов продукции в целях избежания их дефицита или избытка, что позволяет рассчитать минимальный размер запасов и обоснованную потребность в финансовых ресурсах, повышать эффективность использования этих запасов, сводить к минимуму появление просроченной дебиторской задолженности, уменьшать операционный цикл, а, следовательно, и финансовый цикл предприятия. Минимизация текущих затрат может быть достигнута путем расчета оптимальной величины размера партии поставок на основе классической модели экономически обоснованного размера заказа. Таким образом, предприятие должно идти по пути уменьшения складских запасов готовой продукции, что будет способствовать наращиванию объемов сбыта, а также позволит увеличить размер получаемой прибыли.

В современных условиях рыночной экономики продвижение той или иной продукции немислимо без рекламы и популяризации. Это могут быть и отдельные рекламные акции, и долговременная рекламная кампания. Проблематика использования маркетинговых инструментов для увеличения привлекательности предприятия на внешнем рынке приобретает особое значение [1].

Есть три основных направления продвижения продукции, которые представлены на рис. 1.



Рис. 1. Стратегия продвижения продукции предприятий

Одним из актуальных вопросов стимулирования сбытовой деятельности предприятий является снижение запасов готовой продукции. В случае, если на предприятии запасы готовой продукции избыточны, выделяют следующие способы по их уменьшению [2]:

1. *Предоставлять покупателям скидки.* При этом цены на продукцию с заниженным спросом нужно снижать сильнее, чем на ходовую.

2. *Разобрать продукцию на комплектующие.* Это поможет, когда готовое изделие продать не удастся, а на отдельные его детали спрос есть.

3. *Прибегнуть к переработке сырья.* Бывает и ровно наоборот: чтобы сбыть завышенное на складе сырье, нужно его переработать.

4. *Повысить качество сервиса.* Например, предприятие, торгующее техникой, может добиться роста сбыта, сделав ставку на консультирование потенциальных клиентов.

5. *Применять систему trade-in.* Продажа новой техники с одновременным приобретением у покупателя старой дает хорошую возможность увеличить число клиентов и даже выйти на ранее недоступные рынки.

6. *Дружить с закупщиками.* Судьба товаров на складе во многом зависит от решений конкретных людей, работающих в компаниях-клиентах, кроме тех случаев, когда организация участвует в жестких ценовых тендерах.

7. *Не забывать, что Вы не только поставщик, но и покупатель.*

8. *Оптимизировать систему закупок.* Предприятие должно обеспечить эффективное управление запасами. Можно разделить приобретаемые товары на три категории согласно методике ABC-анализа. В группу *A* включить изделия и материалы, которые должны быть на складе в нужный момент. В группу *B* – товары, наличие которых весьма желательно, но не обязательно, если можно при необходимости закупить и доставить их в кратчайшие сроки. Наконец, в группу *C* – продукцию, без которой предприятие в принципе может обойтись, хотя она и пригодится для ассортимента. Далее необходимо собрать информацию о продажах товаров и наличии остатков на складе. Приняв во внимание скорость выполнения заказов на закупку и колебание объемов сбыта, нужно решить, на какой срок надо приобретать определенный объем продукции. Далее необходимо обязать снабженцев следовать этим рекомендациям, а при отклонении от них (например, из-за скидок) – обосновывать выгоду от такого решения. Однако, нужно быть готовым к сопротивлению: чтобы внедрить даже такую простую информационную систему, нужна управленческая воля.

9. *Раздарить залежалый товар.*

10. *А может быть, оставить все как есть?* В ряде отраслей может сложиться интересная ситуация: например, спрос временно превысит предложение. Компании из-за финансовых затруднений не смогут заблаговременно закупать или запускать в производство продукцию, на которую пока нет заказов. Тогда предприятие сможет распродать старые запасы, причем с максимальной выгодой.

Рассмотрим стратегию популяризации на примере предприятия ОАО «Гомсельмаш». Для стимулирования сбытовой деятельности и увеличения объемов реализуемой продукции предприятию необходимо информировать потребителей о товаре, а именно: где можно купить товар, какова его цена и другая информация о характеристиках товара, а также напоминать о товаре для стимулирования дополнительного спроса. После открытия рынков в России руководители ОАО «Гомсельмаш» стали активно совершенствовать PR-мероприятия и на российском рынке [3]. Перейдем к анализу показателей, характеризующих развитие рекламной деятельности. Данные представлены в табл. 1.

Таблица 1

## Бюджет рекламной деятельности ОАО «Гомсельмаш» за 2012–2014 гг.

Рекламные средства	2012 г.	2013 г.	2014 г. план	Темп роста, %	
				2014 г. к 2013 г.	2014 г. к 2012 г.
Телереклама	2397795,4	2755102	2952950	106,18	123,15
Печатная реклама	162400	186600	200000	108,18	123,20
Выставки, презентации	251720	289230	310000	109,18	123,14
Реклама в Internet	178640	205260	220000	107,10	123,10
<i>Итого</i>	2990555,4	3436192	3682950	106,12	123,27

По данным табл. 1 можно отметить, что ОАО «Гомсельмаш» больше всего средств планирует затратить на телерекламу – 2952950 р., что составляет 80,2 % от всех использованных рекламных средств. В табл. 2 представлен анализ эффективности рекламной деятельности ОАО «Гомсельмаш» по основным видам реализуемых товарных групп.

Таблица 2

## Анализ эффективности рекламной деятельности ОАО «Гомсельмаш» по основным видам реализуемых товарных групп

Товарная группа	Период	Прирост прибыли, млн р.	Темп роста прибыли, %	Экономический эффект, млн р.
Свеклоуборочная техника	До	42,6	–	–
	После	101,38	238	58,78
Зерноуборочные комбайны	До	38,95	–	–
	После	89,58	230	50,63
Прицепная и навесная кормоуборочная техника	До	34,25	–	–
	После	75,35	220	41,1
Самоходные косилки	До	31,75	–	–
	После	71,12	224	39,37
Жатки	До	29,8	–	–
	После	70,92	238	41,12

Итоговый экономический эффект от внедрения мероприятия по рекламной деятельности для основных видов реализуемых товарных групп составил 231 млн р. Таким образом, по всем исследуемым реализуемым товарным группам наблюдается рост прибыли в среднем на 130 %. Соответственно, рекламную деятельность, проводимую ОАО «Гомсельмаш», следует считать эффективной.

Таким образом, предприятие, используя стратегию популяризации и стимулирования сбытовой деятельности, может идти по пути наращивания объемов сбыта, что позволит уменьшить количество запасов готовой продукции, а также увеличить размер получаемой прибыли.

## Литература

1. Шимов, В. Н. Национальная экономика Беларуси / В. Н. Шимов ; под ред. В. Н. Шимова. – Минск : БГЭУ, 2006. – 751 с.
2. Ковалев, А. И. Сбытовая политика в системе управления предприятием / А. И. Ковалев, В. В. Войленко. – М., 1990. – 268 с.
3. ОАО «Гомсельмаш». – Минск, 2014. – Режим доступа: <http://www.gomselmash.by>. – Дата доступа: 24.02.2015.

**СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ТРУДА:  
ОПЫТ ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН**

**И. Ю. Курбиева**

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

Научный руководитель Н. П. Драгун

Проблемы низкой производительности труда в Республике Беларусь и ее влияние на рост ВВП, характерные для современного состояния белорусской экономики, освещались на Международной научной конференции «Государственно-частное партнерство: лучший международный опыт и перспективы для Республики Беларусь», которая состоялась в Минске 25 ноября 2014 г. В своем выступлении помощник Президента Республики Беларусь по экономическим вопросам Кирилл Рудый отметил: «Проблема повышения производительности труда заключается не в технологиях, которые на частных и государственных предприятиях часто модернизированы и схожи, а в системе управления и мотивации». По его мнению, мотивационные механизмы для белорусских государственных предприятий могут заключаться во внедрении классической системы корпоративного управления и материального стимулирования [1].

Утверждение о том, что эффективность системы управления производительностью труда обеспечивает эффективность предприятия, подтверждено и теоретическим, и практическим опытом. Эффективное управление производительностью труда – это, прежде всего, конкурентное преимущество компании, которое труднее всего скопировать. Численность персонала организации, расходы на его содержание и рабочее время – вот составляющие ключевого показателя эффективности функционирования современного предприятия – производительности труда. Внедрение на уровне организации эффективного управления производительностью труда позволяет идти компании по пути развития и в условиях экономического кризиса и обеспечить себе преимущество перед конкурентами, не использующими такие технологии, либо не оказывающими их внедрению должного внимания.

Для решения проблемы сегодня существует все необходимое – современные методики повышения производительности труда: рациональная модель трудовых отношений, научная организация труда, бережливое производство, IT-системы, новое современное оборудование. Главная проблема в том, что процесс вовлечения предприятий в эту работу идет крайне непросто. Исходя из мирового опыта и опыта работы отечественных предприятий, можно сказать, что без целенаправленной государственной поддержки повышение производительности труда в масштабе страны невозможно.

Государство, приняв в 90-х гг. XX в. концепцию либерального государственного управления в экономике, заняло пассивную позицию во многих вопросах, в том числе в вопросах повышения производительности труда. И эта позиция сохраняется

до сих пор. Очевидно, что проблема низкой производительности труда как самое слабое звено всей национальной экономики со стороны государства профессионально не решается.

В связи с этим государству необходимо занимать активную позицию в вопросах повышения производительности труда. В настоящей статье рассмотрено, как решают эту проблему в развитых странах.

Мировой опыт свидетельствует о том, что правительства многих стран особенно в условиях кризисных ситуаций уделяют самое серьезное внимание проблемам повышения производительности труда. Национальные комитеты и министерства по управлению производительностью труда, действующие в развитых и успешно развивающихся странах, представлены в таблице.

#### Международные комитеты по управлению производительностью труда

Орган управления	Страны-участники	Задачи и содержание деятельности
Европейская ассоциация национальных центров производительности труда (The European Productivity Network)	Германия, Франция, Италия, Великобритания, Австрия, Бельгия, Болгария, Кипр, Финляндия, Голландия	В каждой из стран при правительствах существуют национальные комитеты и центры по производительности труда, которые финансируются из бюджета и активно занимаются пропагандой важности повышения производительности труда, проводят тренинги и семинары, активно консультируют бизнес
Азиатская организация производительности (Asian Productivity Organization)	Япония, Корея, Китай, Гонгконг, Сингапур, Бангладеш, Шри Ланка, Камбоджа, Фиджи	Эти страны имеют при правительствах национальные комитеты и министерства по производительности труда, которые активно занимаются пропагандой, проводят тренинги и семинары, консультируют бизнес
Рационализаторский и инновационный центр развития бизнеса (RKW Kompetenzzentrum)	Германия	Центр распространяет бесплатно практические рекомендации по повышению производительности труда. Представительства Центра расположены по всей стране. Финансируется за счет средств бюджета
Национальный консультативный комитет по производительности при Президенте	США	Оказывает помощь бизнесу в повышении конкурентоспособности через повышение производительности труда, осуществляет организацию и проведение семинаров и тренингов, консалтинг, исследования, отслеживает динамику производительности по отраслям
Национальный комитет по производительности труда при Президенте и Правительстве	Мексика	Объясняет корпоративному сектору важность повышения производительности труда, повышает знания о производительности труда среди предприятий путем проведения тренингов и семинаров
Национальная организация по производительности труда	Пакистан	Выступает консультантом в вопросах производительности труда, качества менеджмента и предпринимательства, отслеживает динамику производительности по отраслям



Окончание табл.

Орган управления	Страны-участники	Задачи и содержание деятельности
Национальный комитет по производительности труда и обучению	Сингапур	Предлагает программы по повышению производительности для разных сфер экономики, усиливает культуру повышения производительности в стране
Малайзийская организация по производительности труда	Малайзия	Обеспечивает распространение информации о важности производительности, координирует и выступает экспертом в программах по повышению производительности труда
Национальный комитет по производительности труда	Австралия	Пропагандирует, повышает осведомленность предприятий относительно производительности труда

*Примечание.* Разработано автором на основе [2].

Огромное значение повышению производительности труда уделяется в Японии. Здесь действует Центр производительности, благодаря усилиям которого создана сеть региональных центров, а также аналогичные структуры на предприятиях. Ключевую роль в поддержке и развитии движения за производительность играют Министерства торговли и промышленности, а также Японский банк развития. Они устраивают конкурсы на лучший проект по достижению наивысшей производительности и выдают их лауреатам банковские кредиты на выгодных условиях. В результате Япония добилась наивысшей в мире производительности труда и высочайшего качества продукции, а по уровню жизни населения страна вошла в пятерку мировых лидеров.

В зарубежных странах разрабатываются и реализуются специальные программы повышения производительности. Направления этих проектов довольно многообразны: одни из них концентрируют внимание на технических аспектах производственного процесса, например, на автоматизации рабочих мест; другие – на социальных рычагах, таких, как вовлечение работников в процесс управления производительностью на предприятиях; третьи акцентируют внимание на системах оплаты труда, которые увязывают прирост заработной платы работников с темпами роста производительности труда.

Понимая, что динамичное развитие экономики невозможно без непрерывной работы в данном направлении, правительства выделяют немалые средства на реализацию таких программ. Создаваемые при их поддержке специализированные фирмы, центры, лаборатории помогают предприятиям в разработке и осуществлении программ, консультируют, анализируют их деятельность. Сегодня на американском, европейском, азиатском и австралийском континентах функционируют более 100 национальных центров производительности, которые ежегодно представляют национальным правительствам отчеты, на базе которых корректируется экономическая политика государств.

Таким образом, для вовлечения зарубежных предприятий в процесс повышения производительности труда на макроуровне выполняются следующие условия:

- повышение осведомленности и компетенции субъектов хозяйствования в вопросе повышения производительности труда;
- стимулирование субъектов хозяйствования на повышение производительности труда.

Для решения этой задачи в Республике Беларусь необходимо создать Национальный государственный комитет по производительности труда, который должен заниматься

этими вопросами и отвечать за рост производительности труда в стране. Без данного государственного органа дальнейшее прогрессивное развитие экономики невозможно. Об этом говорит опыт работы отечественных предприятий и мировая практика.

В задачи комитета должны входить:

1. Полноценная масштабная пропаганда важности повышения производительности труда для предпринимательского сообщества и населения.

2. Инициирование подготовки специалистов по нормированию и НОТ в вузах страны.

3. Организация консультационной помощи предприятиям, ставшим на путь повышения производительности труда.

4. Разработка программ стимулирования предприятий к повышению производительности труда.

Без выполнения этих задач не будет роста производительности труда, а значит, не будет решения проблемы самого слабого звена всей экономики, и соответственно, не будет роста ВВП, какие бы меры не предпринимались.

#### Литература

1. В Парламенте состоялись слушания по государственно-частному партнерству // 5MIN.BY. – Минск, 2014. – Режим доступа: <http://5min.by/news/v-parlamente-sostojalis-slushanija.html>. – Дата доступа: 28.03.2015.
2. Национальная программа повышения производительности труда и роста ВВП Российской Федерации. – Москва, 2014. – Режим доступа: <http://www.рост-ввп.рф/productivity>. – Дата доступа: 26.03.2015.

### **ПУТИ СНИЖЕНИЯ ДЕБИТОРСКОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ**

**Д. С. Дацко**

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

Научный руководитель Н. К. Ландова

В современных условиях в процессе экономической деятельности у промышленного предприятия постоянно возникает потребность в оптимизации дебиторской задолженности, проведении расчетов со своими контрагентами, бюджетом, налоговыми органами. Отгружая произведенную продукцию или оказывая некоторые услуги, предприятие, как правило, не получает деньги в оплату немедленно, т. е. по сути оно кредитует покупателей. Поэтому в течение периода от момента отгрузки продукции до момента поступления платежа средства предприятия «заморожены» в виде дебиторской задолженности, уровень которой определяется многими факторами, такими, как вид продукции, емкость рынка, степень насыщенности рынка данной продукцией, условия договора, принятая на предприятии система расчетов. В связи с этим тема является весьма актуальной и заключается в необходимости исследования и поиска путей совершенствования расчетов с дебиторами и кредиторами, а также оптимизации этих расчетов [1].

Национальный статистический комитет Республики Беларусь располагает следующими данными о размере дебиторской задолженности предприятий в период с 2009 по 2015 г. [2] (рис. 1).



Рис. 1. Данные о размере дебиторской задолженности предприятий в период с 2009 по 2015 г.

Как видно из рис. 1, дебиторская задолженность предприятий Беларуси на 1 января 2015 г. составила 218,7 трлн р., по сравнению с прошлым годом она возросла на 23,5 трлн р. Прирост дебиторской задолженности произошел из-за ухудшения расчетов внутри Беларуси. Увеличение дебиторской задолженности может свидетельствовать о неосмотрительной кредитной политике предприятий по отношению к покупателям, либо об увеличении объема продаж, либо неплатежеспособности и банкротстве части покупателей. Просроченная дебиторская задолженность увеличивается более быстрыми темпами по сравнению с ростом дебиторской задолженности. Наличие просроченной дебиторской задолженности создает финансовые затруднения, так как предприятие будет чувствовать недостаток финансовых ресурсов для приобретения производственных запасов, выплаты заработной платы и др. Кроме того, замораживание средств в дебиторской задолженности приводит к замедлению оборачиваемости капитала. Просроченная дебиторская задолженность означает также рост риска непогашения долгов и уменьшение прибыли. Поэтому каждое предприятие заинтересовано в сокращении сроков погашения причитающихся ему платежей.

Основными путями для реструктуризации и уменьшения дебиторской задолженности являются:

- взаимозачет взаимных платежных требований до арбитражных процедур;
- передача дебитором в зачет погашения задолженности быстроликвидных ценных бумаг по взаимному соглашению;
- передача дебитором части своего имущества в погашение задолженности;
- переоформление дебиторской задолженности в векселя;
- увеличение размера предоплаты за отгруженную продукцию;
- применение системы скидок от стоимости продукции при досрочном, своевременном платеже за отгруженную продукцию и снижение санкций за просрочку платежа;
- применение процедуры факторинга.

Необходимость поиска эффективных путей по повышению ликвидности дебиторской задолженности организации в целях скорейшего высвобождения денежных средств, заложенных в ней, для погашения кредиторской задолженности связана с повышением (восстановлением) платежеспособности предприятия [2].

Рассмотрим более подробно предлагаемые пути снижения дебиторской задолженности.

1. Взаимозачет предусматривает погашение взаимных обязательств предприятий, как правило, с привлечением третьих лиц.

После рассмотрения взаимных обязательств и требований между организациями можно погасить частично или полностью дебиторскую задолженность, используя взаимозачеты. Взаимозачеты долгов служат распространенным методом реструктуризации задолженности.

2. Передача (продажа) дебитором для погашения задолженности предприятию имеющихся на балансе быстроликвидных ценных бумаг – облигаций и акций. По взаимному соглашению в качестве таких ценных бумаг могут использоваться государственные кредитные облигации, облигации федерального займа разных сроков погашения, муниципальные облигации, акции известных компаний топливно-энергетического комплекса, телекоммуникационных предприятий и т. д. Важным моментом является уточнение стоимости передаваемых (продаваемых) ценных бумаг.

3. Получение от дебитора в счет погашения дебиторской задолженности части недвижимого имущества, находящегося в его собственности: административной, производственной или складской площадей, производственного оборудования, транспортных средств и др.

Полученное имущество может быть использовано организацией в своем производственном процессе, или передано своим кредиторам, или продано третьим лицам.

Другой вариант погашения дебиторской задолженности – сдача в аренду вышеперечисленного недвижимого имущества организации, а она, в свою очередь, может его передать в субаренду своим кредиторам или третьим лицам.

Погашение дебиторской задолженности может также происходить за счет передачи дебитором материальных ценностей: сырья, материалов, товаров и т. д., которые организация может использовать в своем производстве или для погашения дебиторской задолженности или продать третьим лицам.

4. Задолженность неплатежеспособной организации другим организациям может быть реоформлена в качестве займа или в виде ликвидных векселей, что будет более выгодно в части надежного и полного погашения обязательств.

5. Важным направлением уменьшения объема дебиторской задолженности является увеличение размера предоплаты за отгруженную продукцию. Размер предоплаты за отгруженную продукцию может колебаться в значительных границах в зависимости от характера взаимодействия с клиентом – потребителем продукции и истории кредитных отношений с ним. В общем случае для постоянного клиента – потребителя продукции размер предоплаты за отгруженную продукцию может составлять 20–25 % стоимости партии, для клиента, периодически потребляющего продукцию, – не менее 50 %, для клиента, редко потребляющего продукцию или незнакомого, – 100 %. Определение клиента, заказчика продукции, для которого устанавливается объем предоплаты 0–100 %, зависит от обстоятельств каждого конкретного случая, условий заключения сделки, финансовых возможностей клиента.

6. Погашение дебиторской задолженности возможно в результате предложенных скидок к размеру задолженности в обмен на ускорение платежей, особенно при досрочном, своевременном платежах. Так, при досрочном платеже скидки могут составлять 5–7 %; при своевременном платеже – 2–3 %; при ускорении просроченного платежа – за счет отмены или снижения санкций за просрочку платежа. В данном случае использование скидок будет существенно выгоднее, чем применение краткосрочных займов для погашения дебиторской задолженности. Дебиторы, которые могут получить такие скидки, и размер скидок определяются отдельно для каждого конкретного случая.

Следующим шагом уменьшения дебиторской задолженности является уменьшение периода предоставления товарного кредита клиентам – покупателям продукции. Товарный кредит нередко предоставляется клиентам на 60 дней. Поэтому снижение календарного периода предоставления товарного кредита является также важной мерой снижения объема дебиторской задолженности. Так, рекомендуется для постоянных клиентов – не более 30 дней; для клиентов, периодически покупающих продукцию, – не более 15 дней. В каждом конкретном случае в зависимости от объема поставок, стабильности платежей эти сроки устанавливаются индивидуально.

Для постоянных клиентов может быть установлен предельный приемлемый уровень объема задолженности, который не нарушается при проведении новых закупок и платежей.

#### Литература

1. Валиев, Ш. Н. Управление дебиторской задолженностью промышленного предприятия : автореф. дис. ... канд. экон. наук / Ш. Н. Валиев. – Уфа, 2009.
2. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 25.02.2015.
3. Крылов, С. Н. Финансовое состояние коммерческой организации как объект анализа / С. Н. Крылов // Финанс. аналитика: проблемы и решения. – 2009. – № 2.

## АУТСТАФФИНГ ПЕРСОНАЛА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА

Т. А. Мельникова

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

Научный руководитель Е. В. Трейтьякова

В условиях глобализации экономических процессов мировая практика показала, что прежние формы трудовых отношений теряют свою значимость, не обладая при этом достаточной гибкостью, не отвечая требованиям современной экономики при жесткой конкуренции на внутреннем и внешних рынках. В такой ситуации приходится изыскивать возможности изучения и применения новых методов управления.

Одним из таких методов управления является аутстаффинг. Что бы наиболее точно определить понятие аутстаффинга, рассмотрим его составляющие. Лизинг персонала – управленческая технология, разновидность аутсорсинга, позволяющая обеспечить бизнес-процесс компании необходимыми трудовыми ресурсами, используя услуги сторонней организации. Это одно из направлений работы частных агентов занятости. Второе направление связано с тем, что ряду фирм невыгодно содержать большой штат сотрудников. Например, набор «лишнего» человека в штат компании приводит к потере статуса малого предприятия. Другой пример. Компании важно не потерять место лидера в рейтингах, где фигурирует коэффициент выработки на одного сотрудника. Как в первом, так и во втором случаях компании заинтересованы в выводе персонала за штат. Таким образом, частные агентства занятости не только поставляют рабочую силу, но и «берут на себя ее избытки». И именно совокупность этих процессов в мировой практике и научной литературе получили общий термин «аутстаффинг».

Таким образом, аутстаффинг – это использование «внешнего» или «заемного» персонала (персонала внешней организации) для решения проблемы кадрового обеспечения и интеграции интеллектуального потенциала. Аутстаффинг рассматривается современным менеджментом как услуга, которую оказывают специализированные агентства

(staffing agency), предоставляющие организации-заказчику квалифицированный персонал на условиях, определяемых контрактом (соглашением об аутстаффинге).

В нашей работе было рассмотрено действие аутстаффинга персонала на примере производственного предприятия филиала «Завод «Энергооборудование»».

Целью работы являлось изучение системы управления персоналом на предприятии филиала «Завод «Энергооборудование»», анализ эффективности управления персоналом на предприятии, выявление слабых сторон и усовершенствование системы управления путем использования аутстаффинга.

Анализ управления персоналом на предприятии филиала «Завод «Энергооборудование»» осуществлялся с помощью следующих методов: индукция, дедукция, метод абсолютных и относительных величин, табличный и графический методы, а также метод факторного детерминированного и стохастического анализа.

Следует пояснить, что предприятие находится в состоянии спада, существует необходимость снижения издержек, а также сокращения списочной численности персонала. Однако производство предприятия филиала «Завод «Энергооборудование»» является достаточно специфическим, все работники имеют высокую квалификацию, а также их навыки адаптированы для работы именно на данном предприятии. Терять таких сотрудников не выгодно. Поэтому для повышения показателей выработки можно воспользоваться аутстаффингом. Этот метод управления персоналом позволит фактически сохранить работников на своих рабочих местах, но поскольку официальным работодателем для них будет аутстаффинговое агентство, снизятся списочная численность, нагрузка на отдел кадров и бухгалтерию, а также социальные выплаты.

В результате анализа организационной структуры было выявлено, что участок сборки низковольтного оборудования является самым многочисленным (численность – 30 человек), поэтому именно он был выбран для перевода в аутстаффинг.

Для расчета затрат предприятия на содержание работников были учтены как явные, так и неявные издержки. К явным издержкам можно отнести заработную плату, подоходный налог и удержания в пенсионный фонд, доплаты на питание и пр. Однако существуют также неявные издержки. Их практически невозможно рассчитать, однако в результате исследования, проведенного лизинговой компанией Premiummoving (г. Минск), было установлено, что затраты бухгалтерии и отдела кадров на ведение сотрудника в среднем равны 60 тыс. р., на больничные листы – 115 тыс. р. (в среднем, 15 рабочих дней в год), отпуск – примерно 180 тыс. р. в месяц на одного сотрудника. Таким образом были рассчитаны затраты на содержание 30 работников в штате. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Калькуляция затрат на содержание в штате рабочих участка сборки низковольтного оборудования**

Наименование	Сумма затрат, р.
Фонд начисленной заработной платы	221359879
Затраты бухгалтерии и отдела кадров	1800000
Затраты на больничные листы	4500000
Отпуск	5400000
<i>Итого за месяц</i>	233059879
<i>Итого за год, млн р.</i>	2796,718548

*Источник:* собственная разработка.

Результаты проведенного мероприятия представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Результаты использования аутстаффинга рабочих участка сборки  
и сварки низковольтного оборудования на предприятии  
филиала «Завод «Энергооборудование»**

Показатели	До проведения мероприятия 2013 г.	После проведения мероприятия	Абсолютное изменение (экономия/увеличение)
Затраты за год, млн р.	2,796,718548	2,789,134,440	-7,584108
Списочная численность	201	171	-30
Среднегодовая выработка работника списочного состава, млн р.	599,244	704,374	105,13
Среднегодовая выработка работника по добавленной стоимости	201,453	236,795	35,342

*Примечание.* Источник: собственная разработка.

Из табл. 2 видно, что экономия от использования аутстаффинга не так велика, однако основной целью проведения данного мероприятия было повысить показатели выработки на одного работника, благодаря сокращению численности на 30 человек. Таким образом, при использовании аутстаффинга рабочих участка сборки низковольтного оборудования выявлены следующие положительные моменты:

1. Предприятие избавляется от всех рисков, связанных с работниками: травматизм на производстве, прогулы, простои по болезни, отсутствие работника в связи с отпуском; возможность быстро реагировать на изменение ситуации на рынке, быстро и безболезненно для рабочих изменять численность работников (работники все равно будут иметь официальное место работы и могут быть временно направлены на работу в другом предприятии), снижается вероятность возникновения судебных споров и т. д.

2. Разгрузка отдела кадров и бухгалтерии.

3. Снижение затрат на 7584108 р. в год.

4. Сокращение численности работников списочного состава на 30 человек позволило увеличить показатель среднегодовой выработки работников списочного состава на 105,13 млн р., а показатель среднегодовой выработки работников по добавленной стоимости – на 35,342 млн р.

Гипотеза об эффективном использовании аутстаффинга персонала подтвердилась.

#### Литература

1. Абесиннова, Е. К. Роль аутстаффинга персонала в повышении эффективности работы предприятия / Е. К. Абесиннова // Новая экономика. – 2013. – № 2. – С. 171.
2. Аникин, Б. А. Аутсорсинг и аутстаффинг: высокие технологии менеджмента : учеб. пособие / Б. А. Аникин. – М. : ИНФРА-М, 2009. – 320 с.
3. Горшкова, Л. Варианты оптимизации численности персонала на промышленных предприятиях в условиях кризиса / Л. Горшкова, В. Поплавская // Человек и труд. – 2009. – № 3. – С. 42–44.
4. Компания PREMIUM MOVING. – Режим доступа: <http://www.prm.by/index.html>. – Дата доступа: 15.02.2015.
5. Одегов, Ю. Г. Организация службы управления персоналом: современный подход / Ю. Г. Одегов, Л. Р. Котова. – М., 2009. – С. 154.

6. Ульрих, Д. Эффективное управление персоналом: новая роль HR-менеджера в организации : пер. с англ. / Д. Ульрих. – М., 2007. – 304 с.

## РОЛЬ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

А. А. Уварова

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

Научный руководитель Н. П. Драгун

Машиностроительный комплекс занимает ведущие позиции в технологическом прогрессе. Расходы на НИОКР в машиностроении превышают половину всех расходов на научные исследования в большинстве промышленно развитых стран. Специализация машиностроительных предприятий в сочетании с территориальным разделением труда приводит к формированию узкоспециализированных машиностроительных центров. Этому процессу способствует и деятельность всех структур ТНК, которые размещают свои машиностроительные предприятия по всему миру.

В мире насчитывается около 40 тыс. ТНК с более чем 200 тыс. заграничных филиалов и дочерних компаний. Они контролируют свыше 1/3 мирового промышленного производства (в основном, относящегося к машиностроительному комплексу), более 1/2 мирового торгового оборота, свыше 3/4 патентов и лицензий на высокие технологии.

Машиностроение – крупнейший по стоимости продукции и по числу занятых комплекс отраслей промышленности. Рассмотрим мировые центры машиностроения (табл. 1).

*Таблица 1*

**Мировые центры машиностроения, 2013 г.**

Страны	Валовый объем выпуска, млрд долл. США	Число занятых, тыс. чел.
ЕС	502,1	2900
Китай	480,6	6113
США	221,6	1130
Япония	151,9	685

*Примечание.* Разработано автором на основе источника [1].

Европейский союз (ЕС) остается пока крупнейшим мировым центром машиностроения по общему валовому выпуску продукции. На втором месте находится Китай, который за последние 10 лет вырвался в число лидеров, а по произведенной условно-чистой продукции даже занял первое место в мире. В этот же период среднегодовые темпы прироста выпуска машиностроительной продукции в ЕС составили лишь 1,1 %, а в США и Японии даже наблюдалось падение (на 1,1 и 3,1 %, соответственно). Если занятость в отрасли в 2000–2013 гг. в развитых странах сокращалась (в США – на 2,6 % в год; в Японии – на 3,3; в ЕС – на 1,5 % в год), то в Китае она росла ежегодно на 5,8 %, достигнув 6 млн чел., тем самым в два раза превысив показатель занятости в странах Евросоюза. Это отражало общий процесс переноса машиностроительных мощностей с Запада на Восток. Причина в том, что



удельные трудовые издержки в Китае в два раза ниже, чем в Японии, в три раза ниже, чем в США, и почти в пять раз ниже, чем в Европейском союзе.

Конкурентные позиции европейских стран в области машиностроения ослаблены еще и сравнительно более низким показателем производительности труда, который составляет 54 тыс. долл. США (в США – 91 тыс. долл., в Японии – 97 тыс. долл.). Это можно объяснить разнородным характером экономик стран, входящих в ЕС.

Одним из важнейших показателей веса машиностроительного комплекса в странах мира является доля их машиностроения в мировом промышленном производстве (табл. 2).

Таблица 2

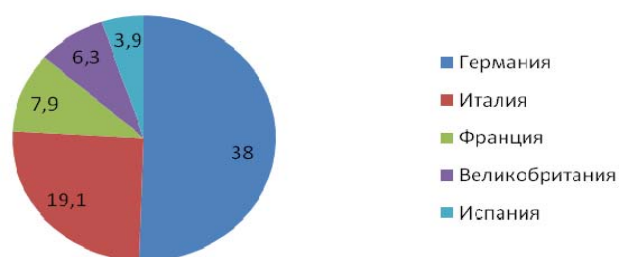
**Доля машиностроения в мировом промышленном производстве, 2013 г.**

Страна	Доля в мировом производстве
США	30 %
ЕС	25–30 %
Восточная и Юго-Восточная Азия (лидер – Япония)	20 %
Россия, Украина, Республика Беларусь	25–20 %

*Примечание.* Разработано автором на основе источника [1].

На долю машиностроительного комплекса приходится 35 % стоимости промышленной продукции мира, в том числе в развитых странах – около 40 %. Среди стран Европейского союза лидером в области машиностроения является Германия, на которую приходится 38 % всей продукции ЕС, при этом занятость в данном секторе населения Германии составляет 34,1 % (рис. 1).

**Удельный вес стран ЕС в машиностроительном производстве**



*Рис. 1.* Удельный вес стран ЕС в машиностроительном производстве, 2013 г.

*Примечание:* разработано автором на основе источника [1].

Машиностроение лидирует среди других отраслей промышленности в использовании высоких технологий. Обычно его считают менее наукоемким сектором по сравнению с такими инновационными отраслями, как ИКТ или фармацевтика. Однако именно машиностроению принадлежит ключевая роль в распространении передовых машин, оборудования и производственных процессов в других отраслях экономики.

Примерно с 1970-х гг. машиностроение стало лидировать среди других отраслей промышленности в развитии и использовании высоких технологий. Производя

машины, оборудование и комплектующие для них, эта отрасль имеет также тесные связи со сферой услуг, особенно с такими ее сегментами, как монтаж обрабатывающих систем, ремонт и техническое обслуживание и даже финансовые операции. Все это вносит вклад не только в повышение производительности, но и в сокращение издержек производства.

Примерно треть продукции машиностроения в качестве промежуточных товаров поставляется в другие сегменты отрасли, такие, как электронное машиностроение, автомобилестроение, производство медицинского оборудования, производство инструмента и т. п. Существует, например, целая группа производств, которые специализируются на автомобильной промышленности и выпускают компоненты, необходимые для функционирования транспортного оборудования.

Большая часть продукции машиностроения относится к инвестиционным товарам, необходимым для осуществления капитальных вложений в широком спектре отраслей экономики. Отдельные подотрасли машиностроения обеспечивают инвестиционными товарами такие отрасли промышленности, как текстильная, целлюлозно-бумажная, добывающая, а также строительство и сельское хозяйство. Некоторые из этих отраслей подвержены достаточно глубоким инвестиционным циклам, что создает значительные проблемы для развития машиностроения. Часть поставщиков инвестиционных товаров обеспечивает сразу несколько отраслей экономики, что снижает угрозу сокращения производства; к таким относятся, например, предприятия, выпускающие подъемно-транспортное оборудование, – краны и конвейеры.

Машиностроение подвержено колебаниям экономической конъюнктуры в значительно большей степени, чем другие отрасли экономики. Оно сильно зависит от инвестиционной активности компаний, покупающих машины и оборудование. Такая односторонняя зависимость постоянно подвергает машиностроение циклическим изменениям спроса. В результате машиностроение оказывается в центре процесса чередования кризисов и экономических подъемов.

В среднесрочной перспективе, согласно прогнозам экспертов, в мировом машиностроении будет происходить усиление позиций развивающихся стран, особенно Китая (табл. 3). Общий объем произведенной машиностроительной продукции возрастет с 530 млрд долл. США в 2010 г. до 930 млрд долл. к 2025 г., что соответствует ежегодному приросту в 3,8 %.

Таблица 3

#### Прогноз выпуска условно-чистой продукции машиностроения, млрд долл. США

Страны	2000 г.	2005 г.	2012 г.	2015 г.	2020 г.	2025 г.
Китай	28,2	58,4	161,4	248,0	329,4	410,1
Япония	89,7	96,2	66,2	75,4	81,0	86,3
Россия	9,8	10,8	12,1	14,9	17,6	20,8
США	123,7	124,5	103,0	115,5	129,7	144,9
ЕС	158,0	160,8	157,5	178,3	193,2	204,7

*Примечание.* Разработано автором на основе источника [1].

Таким образом, по данному прогнозу Россия будет продолжать отставать по общим объемам выпуска машиностроительной продукции от всех ведущих стран мира, а Китай фактически превратится в неоспоримого единоличного лидера глобального рынка. Усиление позиций Китая в качестве ведущей машиностроительной

державы выразилось в резком повышении его удельного веса в мировой торговле продукцией данной отрасли. Этот показатель всего за последние 10 лет вырос с 3 % до 13 %. Доля США в мировой торговле за тот же период снизилась и лишь позиции Европейского союза остались достаточно прочными.

Литература

1. Европейский комитет статистики. – Режим доступа: <http://ec.europa.eu/>. – Дата доступа: 24.03.2015.

## КОНЦЕПЦИЯ 5S КАК ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА

А. Г. Устиненко, Е. Ю. Бабинич

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

Научный руководитель А. Ф. Надыров

История и практика производственной мысли привела к несложному выводу: в производстве нет мелочей, и вне зависимости от степени автоматизации и роботизации производства успех предприятия, как и сто лет назад, напрямую зависит от работника и организации его рабочего места. Здравый смысл подсказывает: работник, который следует стандартам и содержит в порядке свое рабочее место, сможет гораздо лучше работать с современным оборудованием и демонстрировать 100%-й уровень качества. Именно так желание и усилия производственников, направленные на содержание в порядке все более усложняющегося рабочего места, привели к развитию и распространению методики 5S, которая, по мере применения на миллионах рабочих мест, в тысячах вариантов самых разнообразных условий, продолжает трансформироваться.

5S – это совокупность пяти направлений работы по повышению эффективности рабочих мест за счет более удобной организации, приведения их в порядок, внедрения стандартов и принципов непрерывного совершенствования.

Система «5S» разработана в середине прошлого века в Японии. Ее автором считают Каори Исикава, всемирно известного теоретика менеджмента качества. Во время стажировки на американском авиационном заводе молодой инженер задумался над причинами авиационных катастроф и пришел к простому выводу, что «непорядок в воздухе определяется беспорядком на земле». Выведенные им 5 принципов наведения и поддержания порядка легли в основу системы «5S».

Первой «5S» у себя внедрила японская компания Nippondenso (с 1996 г. корпорация Denso), входившая в то время в 150 крупнейших компаний мира. Пример поставщика автомобильных компонентов оказался заразительным: успешный опыт начали перенимать другие японские фирмы.

Наряду с другими методиками японской школы управления «5S» получила распространение на Западе, и в первую очередь, в Соединенных Штатах. Спрос на японские разработки в Америке появился в начале 1970-х гг., а к середине 1980-х гг. достиг своего пика. Во многом это связано с успехами японских производителей на рынке США. Директора американских заводов, специалисты по персоналу и консультанты сотнями посещали Страну восходящего солнца, стремясь раскрыть секреты своих японских конкурентов. Название концепции 5S характеризуется пятью словами, которые начинаются с буквы «S» (табл. 1):

- Seiri (сортировка) – оценка всех находящихся на рабочем месте предметов, инструментов и материалов по критерию их полезности и частоты использования.
- Seiton (самоорганизация) – создание на основании сортировки более удобной системы расположения инструментов и материалов, которая позволяет быстро и просто их найти и использовать.
- Seiso (систематическая уборка) – поддержание рабочего места в порядке, ежедневная уборка мусора, отходов производства, утечек смазочных материалов, помещение инструментов на положенные места.
- Seiketsu (стандартизация) – формирование стандартов поддержания порядка, пользования инструментами и материалами, организации рабочих мест и мест общего пользования.
- Shitsuke (совершенствование) – формирование культуры 5S, которая становится органичной частью корпоративной культуры предприятия, постоянный поиск возможностей более эффективной организации рабочих мест.

Таблица 1

## Характеристика 5 шагов системы 5S

Шаги	5S (англ.)	5S (яп.)	5S (рус.)	Деятельность
Шаг 1	Sort	Seiri	Сортируй	Организация рабочей среды. Отделение нужных предметов от ненужных и удаление ненужных предметов из рабочей зоны
Шаг 2	Set in order	Seiton	Создай порядок	Рациональное расположение (упорядочение). Нужные предметы содержатся так, чтобы их легко было использовать
Шаг 3	Shine	Seiso	Содержи в порядке	На рабочем месте поддерживается порядок и чистота
Шаг 4	Standardise	Seiketsu	Стандартизируй	Поддерживаются результаты, достигнутые на предыдущих этапах
Шаг 5	Sustain	Shitsuke	Совершенствуй	Выполнение установленных процедур становится привычкой. Распространить эту практику на все предприятие

Освоение системы 5S, как и любой масштабной системы преобразования организации, невозможно без лидирующей роли ее руководства. Поскольку она может применяться не только там, где непосредственно выпускается продукция, но и в непроизводственных подразделениях, то для управляющих высшего и среднего звена едва ли не лучший способ почувствовать возможности этой системы и трудности на пути ее внедрения – использовать ее в своей работе.

Система 5S позволяет создать светлые и чистые рабочие места, на которых нет ничего лишнего, но есть все необходимое для максимально эффективной работы. Материалы и инструменты располагаются в порядке, обеспечивающем удобство и

безопасность их использования. Рабочие операции осуществляются без лишних движений. Данная система позволяет практически без капитальных затрат не только наводить порядок на производстве – повышать производительность, сокращать потери, снижать уровень брака и травматизма, но и создавать необходимые стартовые условия для реализации сложных и дорогостоящих производственных и организационных инноваций, обеспечивать их высокую эффективность – в первую очередь, за счет радикального изменения производственного поведения работников, их отношения к своему делу.

И такое состояние непрерывно поддерживается и периодически совершенствуется. Но, самое главное, у рабочего появляется уверенность в том, что он может решать все более сложные задачи. Система 5S обычно служит основой для развертывания более «продвинутых» систем: JIT (Justintime – точно вовремя); TPM (Total Productive Maintenance – продуктивное обслуживание оборудования с участием всего персонала) и др.

Если компания ориентирована на стабилизацию своего персонала, вкладывает средства в его обучение и развитие – внедрение системы с участием всего персонала может стать одним из мощных рычагов формирования корпоративной культуры, воспитания коллектива и создания платформы для устойчивой конкурентоспособности, последующего перехода к построению «бережливого производства».

Внедрение системы 5S позволяет (табл. 2):

- повысить производительность труда;
- уменьшить количество бракованной продукции;
- точно выдерживать сроки производства;
- лучше соблюдать технику безопасности.

Преимущества внедрения системы 5S:

- дает возможность проявить инициативу и творческое начало в организации Вашего рабочего места и порядка выполнения работы;
- позволяет обустроить Ваше рабочее место и сделать его более приятным;
- улучшает моральное состояние;
- помогает понять Вам, что, когда и где от Вас требуется выполнить;
- облегчает общение с коллегами.

*Таблица 2*

**Результаты и преимущества системы 5S**

Качество	Издержки	Доставка	Безопасность	Мотивация
Минимум дефектов	Минимальные затраты на материалы	Оптимальная пропускная способность	Отсутствие аварий	Хорошие условия труда
Минимум отклонений	Эффективное использование энергии	Правильное количество доставленной продукции	Отсутствие загрязнений	Вовлеченность персонала
Минимум жалоб от клиентов	Максимальное использование ресурсов	Минимум задержек в доставке	Другие плюсы	Улучшение организации

В настоящее время можно утверждать, что данная японская концепция организации рабочих мест успешно внедряется во многих странах мира, но на белорусских предприятиях редко применяется. Так, на первом этапе реализации японского метода могут возникнуть следующие проблемы:

- невысокий приоритет, который ставят руководители на предприятиях;
- контроль внедрения находится «не в тех руках»;
- неэффективность из-за направления деятельности предприятия;
- нечеткое понимание действия японской модели и ее выгод;
- отдельные ошибки реализации.

Таким образом, несмотря на кажущуюся простоту, внедрение системы 5S требует довольно значительных усилий, и в первую очередь, от управляющего персонала. Система 5S и другие подобные методики, которые сегодня предлагаются в качестве методов организации производства, правильней воспринимать как инструменты для правильного, а главное – для успешного использования которых требуется глубокая психологическая перестройка исполнителей и менеджеров.

Программа 5S не является самоцелью, она лишь неотъемлемая составляющая всей культуры производства, не просто повышающая производительность и избавляющая исполнителя от потери времени на поиск необходимых инструментов, документации, тары и т. д., но и создающая атмосферу комфорта на рабочем месте.

## **СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА БЕЛОРУССКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

**М. В. Довгялло**

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

Научный руководитель Н. П. Драгун

Современная система всеобщего менеджмента качества (TQM) – результат постоянного движения предприятий к совершенству хозяйственной деятельности, высший на сегодняшний день этап развития общего менеджмента.

Выделяют следующие подходы к системам менеджмента качества:

- 1) установление потребностей и ожиданий потребителей и других заинтересованных сторон;
- 2) разработку политики и целей организации в области качества;
- 3) установление процессов и ответственности, необходимых для достижения целей в области качества;
- 4) установление и определение необходимых ресурсов и обеспечение ими для достижения целей в области качества;
- 5) разработку методов для измерения результативности и эффективности каждого процесса;
- 6) применение данных этих измерений для определения результативности и эффективности каждого процесса;
- 7) определение средств, необходимых для предупреждения несоответствий и устранения их причин;
- 8) разработку и применение процесса для постоянного улучшения системы менеджмента качества.

Сначала возникла система Тейлора, суть которой сводится к рационализации производственного процесса и введению контроля качества продукции на предприятии. Это послужило основой для развития:

1) управления качеством (статистических методов контроля, реализации на практике 14 принципов Э. Деминга, созданию TQC и развитию «кружков качества»);

2) основой для формирования в начале школ менеджмента (классической или административной, «человеческих отношений»), затем для появления процессного, системного и ситуативного подходов к деятельности организаций, финансового менеджмента, маркетинг-менеджмента, инновационного менеджмента, менеджмента персонала).

В ведущих фирмах мира вершиной развития менеджмента становится управление по целям (МВО) – ясная и сжатая формулировка целей фирмы, разворачивание их при участии руководящего персонала в иерархическое «дерево» задач, систематический контроль и уточнение целей и задач.

В результате реализации достижений в области управления качеством сформировалась система всеобщего менеджмента качества (TQM), которая вобрала в себя все передовое в практике ведущих американских, японских и европейских фирм.

Два основных фактора, которые стимулировали этот процесс: жесткая конкурентная борьба за мировые рынки и соревнование в оборонных отраслях.

Выделяют следующие особенности современного подхода к менеджменту качества (СМК):

1) наличие законодательной базы по стандартизации, метрологии и сертификации;  
2) национальные стандарты, правила и процедуры, гармонизированные с соответствующими международными документами;

3) создание национальных и региональных структур по сертификации продукции и систем качества, наличие аккредитивных лабораторий, сертифицированных аудиторий и других специалистов по качеству [1, с. 15].

Для понимания места СМК в системе управления все функции предприятия можно классифицировать на три группы (А, В, С).

Группа А – первичная деятельность, направленная на реализацию процессов жизненного цикла изделия (услуги): изготовление конкретных изделий (например, автомобилей или гофроупаковки) или предоставление услуг (например, медицинское обслуживание или инжиниринг); и тесно связанные с ними операционные управленческие функции (планирование, контроль, регулирование).

Группа В – управленческая деятельность, направленная на совершенствование и повышение эффективности выполнения основных и управленческих функций группы А.

Группа С – деятельность, направленная на регулирование выполнения функций группы В.

Для большинства белорусских предприятий на сегодняшнем этапе их существования критичнее всего оказывается только деятельность группы А. Управление эффективностью – это уже из области функций группы В. А вот в начале СМК – это редкий пример систематизированных функций группы С.

Другими словами, СМК «задает» требования к построению системы управления эффективностью и «следует» за соблюдением принципов их реализации. Именно поэтому стандарты системы менеджмента универсальны для всех предприятий, так как уникальна в основном деятельность группы А [2, с. 125].

Для успешного руководства организацией и ее функционирования необходимо направлять ее и управлять систематически и прозрачным способом.

Восемь принципов менеджмента качества были определены для того, чтобы высшее руководство могло руководствоваться ими с целью улучшения деятельности организации. Перечислим их:

- 1) ориентация на потребителя:
  - понимание текущих и будущих потребностей, выполнение их требований и стремление превзойти их ожидания;
  - обмен информацией, который должен иметь двусторонний характер, чтобы потребитель ясно представлял себе, как он может запросить помощь и к кому при этом следует обращаться;
- 2) лидерство работников:
  - обеспечение единства цели и направления деятельности организации;
  - создание и поддержание внутренней среды, в которой работники могут быть полностью вовлечены в решение задач организации;
- 3) вовлечение работников:
  - полное вовлечение дает возможность организации с выгодой использовать их способности;
  - стандарт ИСО 9001 устанавливает требование компетентности персонала всех уровней. Необходимо удостовериться, что квалификация каждого работника достаточна для эффективного выполнения им своих обязанностей;
- 4) процессный подход:
  - процесс следует рассматривать с точки зрения вопроса «что происходит?» в организации при предоставлении услуги;
  - весь комплекс процессов следует рассматривать как единую систему, ни один из элементов которой не существует изолированно;
  - для каждого процесса организации должны быть определены операции и выявлены связанные с ними опасности и риски, что позволит разработать документацию, соответствующую компетенции персонала, занятого в процессе;
  - недостаточно идентифицировать процессы – ими надо управлять;
- 5) системный подход к менеджменту:
  - выявление, понимание и менеджмент взаимосвязанных процессов как системы содействуют результативности и эффективности организации при достижении ее целей;
- 6) постоянное улучшение:
  - постоянное улучшение деятельности организации в целом следует рассматривать как ее неизменную цель;
  - существуют области для улучшений и источники необходимой информации;
- 7) принятие решений, основанных на фактах:
  - эффективные решения основываются на анализе данных и информации;
- 8) взаимовыгодные отношения с поставщиками:
  - оптимизации ресурсов в интересах двух сторон.

Эти восемь принципов менеджмента качества образуют основу для стандартов системы менеджмента качества, входящих в семейство ИСО 9000 [2, с. 208].

Опыт внедрения TQM в белорусском бизнесе указывает на массу проблем и ошибок, которые сегодня мешают адекватному восприятию новой бизнес-философии.

На западе философия качества последовательно прошла этапы отбраковки, контроля качества, гарантии качества и приняла форму всеобщего управления качеством. Основной движущей силой этого развития был и остается потребитель. В административно-командной системе СССР спрос и предложение были предметом государственного планирования, конкуренция между производителями отсутствовала. Преимущества настоящего положения Беларуси в том, что этот путь может быть гораздо короче, поскольку накопленные мировые знания, опыт, а также ошибки и



неудачи уже известны. Кроме того, Беларусь располагает обширной теоретической и методологической базой в области качества советского периода. Однако этот опыт «таит» в себе следующий «подводный камень» [3, с. 34].

Кроме того, советским системам качества присущи следующие недостатки, которые не позволяют рассматривать эти подходы как современную альтернативу TQM: 1) ограниченность сферы действия (для ранних подходов); 2) отсутствие ориентации на потребителя; 3) экономическая незаинтересованность предприятия; 4) несистемный подход к системе (для поздних подходов).

Таким образом, советский опыт можно рассматривать как одну из эволюционных стадий развития философии TQM в белорусском бизнесе. Движущей силой движения качества в Беларуси были интересы государства, в отличие от запада, где детерминантой являлся потребитель и его интересы.

#### Литература

1. Григорьев, Л. Ю. О роли СМК в общей системе управления предприятием / Л. Ю. Григорьев // Методы менеджмента качества. – 2009. – № 4. – С. 14–15.
2. Морозов, Ю. П. Инновационный менеджмент : учеб. пособие / Ю. П. Морозов, А. И. Гаврилов, А. Г. Гордонов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 389 с.
3. Захаров, М. Г. Система качества – это инструмент самосохранения предприятия в условиях кризиса / М. Г. Захаров // Стандарты и качество. – 2003. – № 2. – С. 34–35.

## УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ КАК СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

А. В. Саранчук

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

Научный руководитель Н. А. Алексеенко

На современном этапе белорусской модели развития все большую актуальность приобретают вопросы повышения эффективности экономики и рост ее конкурентоспособности. Это подтверждают положения таких документов, как «Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011–2015 годы» [4] и «Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года» [3].

В условиях постоянных изменений мировой экономики, активной интеграции и глобализации происходит и трансформация экономической системы Республики Беларусь. Данный процесс характеризуется усилением роли экономической безопасности как фундаментальной основы экономически эффективного функционирования государства в целом. Новое качество экономического развития страны может быть обеспечено, прежде всего, за счет эффективной работы отечественных предприятий.

Большинство внутренних угроз национальной безопасности сопряжено с таким фактором, как успешность функционирования предприятий. В случае нарушения механизма функционирования предприятия, обладающего стратегической важностью, и ухудшения его финансово-экономического состояния можно говорить об отрицательных тенденциях в государственной экономике.

Таким образом, решение проблемы экономической безопасности страны в целом возможно только при условии обеспечения экономической безопасности предприятий, что подтверждает актуальность темы исследования.

Одной из важных составляющих системы обеспечения экономической безопасности предприятия является система управления экономическими рисками, которая

способна оперативно реагировать на изменения политической и социальной обстановки, экономических условий, противодействовать негативному воздействию внутренних и внешних факторов, обладать свойством саморегулирования.

В настоящее время отсутствуют единые подходы в понимании сути экономической безопасности предприятия, общепринятой терминологии, единого перечня показателей оценки угроз, алгоритма ее обеспечения.

Экономическая безопасность измеряется множеством критериев, которые достаточно сложно приводить к единому измерителю и сопоставлять с критериями эффективности предприятия. Риск-ориентированный подход к обеспечению экономической безопасности предприятия позволяет использовать риск в качестве единого измерителя угроз, а также совместить целевые критерии безопасности и эффективности бизнеса.

Экономическая безопасность предприятия представляет собой способность предприятия эффективно функционировать в условиях существующих угроз, а также адаптироваться к изменениям внутренних и внешних условий в соответствии с экономической политикой государства без снижения конкурентоспособности и эффективности [1, с. 25].

Главной целью экономической безопасности предприятия (ЭБП) является устойчивое и максимально эффективное функционирование в существующих условиях, а также создание высокого потенциала роста и развития предприятия в будущем.

Угроза ЭБП – это фактор, воздействие которого приводит к нарушению стабильности хозяйственной деятельности предприятия. Угроза ЭБП является причиной (фактором риска). Следовательно, риск является измерителем угрозы, а управление рисками, направленное на их снижение, способствует укреплению ЭБП.

Управление рисками как процесс предполагает уменьшение ущерба для субъекта хозяйствования, обеспечение устойчивости, его способности противостоять неблагоприятным ситуациям.

Все методы управления рисками характеризуются двумя основными направлениями: методы минимизации рисков, применяемых непосредственно на предприятии, и методы разделения и/или передачи рисков третьим лицам – субъектам экономических отношений.

К первому направлению можно отнести такие основные методы:

– диверсификация – это метод снижения риска путем инвестирования средств в различные рисковые активы (товары), не связанные между собой. Таким образом, при повышении риска для одного, как правило, снижается риск для другого. Диверсификации могут подвергаться различные виды деятельности, поставщики товаров (услуг), ассортимент продукции (услуг) предприятия, депозитный портфель и портфель ценных бумаг;

– создание резерва денежных средств на покрытие непредусмотренных расходов. Он основан на создании резервного фонда средств, размер которого определяется путем сопоставления ожидаемого размера возможных потерь (или дополнительных расходов) и расходов на их снижение или компенсацию;

– самострахование – комплекс профилактических мер для внутреннего страхования от рисков, призванных обеспечить нейтрализацию их негативных финансовых последствий в процессе развития предприятия. На практике этот метод применяется только при наличии у предприятия резервного фонда денежных средств;

– лимитирование – это установление лимита. Этот метод используется обычно по тем видам рисков, которые выходят за пределы их допустимого уровня, т. е. по операциям, осуществляемым в зоне критического или катастрофического риска.

Этот метод особенно актуален в ситуации, когда предприятие обладает ограниченными ресурсами;

– бизнес-планирование для руководителей предприятий – это повод задуматься над возможными проблемами в деятельности предприятия, над возможными способами устранения «узких мест» в производстве и нейтрализации рискованных ситуаций и ситуаций неопределенности в будущем;

– получение дополнительной информации – при наличии дополнительной информации относительно будущих событий, факторов риска или о субъектах экономики хозяйствующий субъект может принять адекватное решение относительно нейтрализации факторов риска в порядке их опасности.

Ко второму направлению управления рисками следует отнести такие основные методы:

– хеджирование – это система заключения срочных контрактов и сделок, учитывающая вероятностные в будущем изменения обменных валютных курсов и преследующая своей целью избежать неблагоприятные последствия этих изменений. Применение этого метода на практике целесообразно тогда, когда в будущем существует вероятность развития событий по худшему сценарию;

– внешнее страхование – страхование путем заключения страховых договоров со страховыми организациями. Здесь могут быть застрахованы как специфические финансовые риски, так и финансовые риски предприятия в целом. С другой стороны, внешнее страхование – это не только страхование предприятия и его операций страховыми компаниями, к нему относится передача рисков контрагентам предприятия;

– распределение рисков – это метод, при котором риск вероятного ущерба делится между участниками таким образом, что возможные потери каждого относительно невелики. Метод распределения рисков широко используется при финансировании новых видов научно-исследовательских и исследовательско-конструкторских работ [2].

В заключение стоит отметить, что при выборе инструмента управления рисками стоит учесть тот факт, что влияние не всех рисков можно снизить. Помимо этого, выбор методов управления экономическими рисками необходимо осуществлять с учетом специфики деятельности хозяйствующего субъекта, внешних и внутренних условий, а также максимально обеспечивать реализацию целей хозяйственной деятельности предприятия.

#### Л и т е р а т у р а

1. Лапченко, Е. Н. Экономическая безопасность предприятия и риски : пособие / Е. Н. Лапченко, А. А. Быков ; под ред. А. А. Быкова. – Минск : Амалфея : Мисанта, 2012. – 184 с.
2. Методы снижения рисков / Энциклопедия экономиста. – 2015. – Режим доступа: [www.grandars.ru](http://www.grandars.ru). – Дата доступа: 21.03.2015.
3. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. / М-во экономики Респ. Беларусь. – 2015. – Режим доступа: [www.economy.gov.by](http://www.economy.gov.by). – Дата доступа: 21.03.2015.
4. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011–2015 годов : указ Президента Респ. Беларусь от 11 апр. 2011 г. № 136 / М-во экономики Респ. Беларусь. – 2015. – Режим доступа: [www.economy.gov.by](http://www.economy.gov.by). – Дата доступа: 21.03.2015.

## СПОСОБЫ ВЗЫСКАНИЯ ДЕБИТОРСКОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТИ: СУЩНОСТЬ, УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ, ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ

А. А. Плющай

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

Научный руководитель И. В. Ивановская

Современный этап экономического развития характеризуется значительным замедлением платежного оборота, вызывающим рост дебиторской задолженности на предприятиях.

Дебиторская задолженность предприятий и организаций Беларуси на 1 октября 2014 г. составила 215,6 трлн р., что на 10,5 % больше, чем на начало года (в сентябре выросла на 1,4 %). Просроченная дебиторская задолженность выросла на 29 % с начала года (в том числе на 1,4 % – в сентябре) до 37,6 трлн р., или 17,4 % от общего объема дебиторской задолженности (на 1 октября 2013 г. – 13,9 %).

В условиях ухудшения платежного баланса страны эта тема находится на постоянном контроле правительства и Комитета государственного контроля страны.

Основной задачей любой коммерческой организации является получение прибыли, поэтому встает вопрос о снижении дебиторской задолженности, высокий уровень которой может снизить ее финансовую устойчивость.

Дебиторскую задолженность можно рассматривать как сумму долгов, причитающихся предприятию, фирме, компании со стороны других предприятий, фирм, компаний, а также граждан, являющихся их должниками, дебиторами, что соответствует стандартам бухгалтерского учета.

В условиях рынка Беларуси основное положение зачастую занимают покупатели и заказчики, которым выгодно сначала получить товар или принять работу (услугу), и только потом расплатиться за них. Для того чтобы удержать свои позиции на рынке, поставщики все чаще используют предоставление коммерческого кредита в виде отсрочки платежей и т. д. Несовпадение сроков передачи (получения) имущества или результатов выполненной работы (потребления оказанной услуги) и их оплаты контрагентом по сделке является основной причиной возникновения дебиторской задолженности во взаимоотношениях субъектов хозяйствования.

В Республике Беларусь применяется ряд способов взыскания дебиторской задолженности. К основным способам можно отнести – факторинг, форфейтинг и предварительная оплата.

*Факторинг* – это комплекс услуг для производителей и поставщиков, ведущих торговую деятельность на условиях отсрочки платежа. Факторинг предполагает оплату товаров банком по мере их поставки при предъявлении отгрузочных документов. В дальнейшем долги с покупателей берет та организация (банк), которая оказывает факторинговые услуги. При этом в тех случаях, когда со стороны клиента (продавца) нарушены обязательства по поставкам, весь риск по взиманию долгов переходит вновь к клиенту.

За оказание факторинговых услуг банк берет комиссионное вознаграждение, покрывающее затраты на осуществление факторинга, включая процентную ставку по использованным кредитным ресурсам и обеспечивающее получение им прибыли.

Преимущества факторинга для продавца состоят, прежде всего, в высокой степени гарантии по своевременной оплате поставленных товаров, так как в роли непосредственного плательщика выступает банк. Одновременно факторинг способствует

ускорению оборачиваемости оборотного капитала, сокращению затрат, связанных с взиманием задолженности, упрощению взаимоотношений с банками по взиманию долгов. Недостатком является необходимость перечисления комиссионного вознаграждения банку.

Сфера применения факторинга существенно сужается в периоды кризиса платежей и высоких темпов инфляции. Тем не менее, устойчивые контакты с банками, совершенствование документооборота позволяют его применять в кризисных условиях.

*Форфейтинг* – это покупка долга, выраженного в оборотном документе, у кредитора на безоборотной основе. Это означает, что покупатель долга (форфейтер) принимает на себя обязательство об отказе – форфейтинге – от обращения регрессивного требования к кредитору при невозможности получения удовлетворения у должника. Покупка оборотного обязательства происходит, естественно, со скидкой.

Форфейтинг используется при осуществлении долгосрочных (многолетних) экспортных поставок и позволяет эксперту немедленно получать денежные средства путем векселей. Однако его недостатком является высокая стоимость, поэтому предприятию-экспортеру следует проконсультироваться с банком (факторинговой компанией) еще до начала переговоров с иностранным импортером продукции, чтобы иметь возможность включить расходы по форфейтинговой операции в стоимость контракта.

*Предварительная оплата* представляет собой форму расчетов, при которой покупатель перечисляет платежи продавцу до отгрузки товаров или оказания услуг. Сам факт оплаты становится сигналом для поставки товаров и оказания услуг со стороны продавцов и исполнителей. На практике применяют две разновидности предоплаты:

– отпуск товаров или оказание услуг после документального подтверждения перечисления денежных средств (копия платежного поручения, заверенная печатью банка);

– отпуск товаров или оказание услуг только после поступления на банковский счет поставщика или исполнителя денежных средств, перечисленных в порядке предоплаты. При отлаженном функционировании банковской системы, высокой скорости и надежности документооборота разница между первой и второй формами предоплаты невелика. Для поставщика достаточно банковского подтверждения перечисления средств, а иногда – и просто устного или письменного сообщения контрагента о произведенных платежах.

Предоплату можно признать состоявшейся, если деньги фактически поступили на банковский счет поставщика. Совершенно очевидно, что предоплата – это уступка покупателя продавцу. Поэтому преимущества от этой формы финансовых отношений получает и продавец.

Покупатель по сути кредитует продавца, предоставляя денежные средства до наступления сроков поставки или оказания услуги. В этом состоит одно из основных преимуществ предоплаты для продавца. Кроме того, продавец, получая деньги до момента исполнения своих обязательств по контракту, имеет полные гарантии оплаты. Его риск в части неплатежей сводится к нулю.

Предотвращение дебиторской задолженности для продавца, получившего деньги заранее, также способствует ускорению кругооборота средств в его хозяйстве. Однако, при всех, казалось бы, очевидных преимуществах предоплаты для продавца, тем не менее, имеется один очень важный ее недостаток. Требование предоплаты резко суживает рынок сбыта продавца, который оказывается ограничен рамками наличия покупателей:

– обладающих возможностью предварительного перечисления денежных средств;

– полностью доверяющих продавцу.

Предоплата как способ расчетов между партнерами применяется в тех случаях, когда продавец занимает доминирующее положение на рынке. В условиях наличия жесткой конкуренции между покупателями на рынке конкретного товара предоплата объективно может использоваться по требованию поставщика, имеющего определенные основания сомневаться в надежности и обязательности покупателя.

Предоплата является самой жесткой и невыгодной для покупателя, ибо в этом случае он отвлекает свой оборотный капитал, т. е. замедляет его оборачиваемость, и кроме того, у него возникает риск невыполнения обязательств продавцом.

Взыскание дебиторской задолженности – весьма важная процедура, затягивать которую не рекомендуется, потому что, чем дольше кредитор тянет с взысканием дебиторской задолженности, тем больше средств он теряет. Более того, если дожидаться истечения срока исковой давности, то перспектива возвращения своих денег назад становится призрачной.

Поэтому активная работа по взысканию дебиторской задолженности чрезвычайно важна, особенно в условиях определенного дефицита денежных средств и роста негативных тенденций, связанных с неисполнением субъектами предпринимательской деятельности своих договорных обязательств.

Во избежание образования проблемной дебиторской задолженности следует избирательно подходить к выбору партнеров по бизнесу. На практике довольно часто встречаются случаи, когда с предприятиями, имеющими значительные финансовые трудности, и пользующимися нехорошей репутацией в предпринимательской среде, заключаются договора без принятия каких-либо мер, направленных на обеспечение исполнения данными организациями своих обязательств по договору. Это приводит к возникновению весьма проблемной задолженности, которая присоединяется к уже существующему внушительному объему долговых обязательств определенного субъекта, с минимальными шансами на ее возврат даже с использованием всего комплекса мер принудительного исполнения.

Если все же контрагент стал дебитором, на досудебной стадии работы с ним, прежде всего, следует обратить внимание не на устные переговоры, а на претензионные письма и поиск конструктивных путей разрешения сложившейся ситуации. При этом до должника необходимо довести его возможные финансовые потери, в случае, если для взыскания дебиторской задолженности кредитор обратится в суд. Если в ходе претензионной работы правильно расставить акценты и подобрать веские аргументы, то есть неплохой шанс на возврат дебиторской задолженности, не прибегая к помощи суда.

#### Литература

1. Банковское дело : учебник / под ред. Ю. А. Бабичевой. – М. : Экономика, 2010. – 456 с.
2. Голованова, Т. Как работать с дебиторами, чтобы добиться возврата долга / Т. Голованова // Индивидуальный предприниматель. – 2013. – № 23. – С. 53–54.
3. Национальный статистический комитет Республики Беларусь / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – 1998–2014. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by>.
4. Международные экономические отношения : учеб. для студентов вузов, обучающихся по экон. специальностям / под ред. В. Е. Рыбалкина. 9-е изд., перераб. и доп. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 647 с.
5. Факторинг / Wikipedia®. – 2015. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>.

## СОВРЕМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ОБНОВЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. В. Богатьева

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

Научный руководитель И. В. Ивановская

В процессе производства основные средства изнашиваются, утрачивают свои первоначальные качества и подлежат замене. Износ основных средств – это частичная или полная утрата основными средствами их потребительных свойств и стоимости; при этом различают физический (материальный) и моральный износ.

Различают также полный и частичный износ основных средств. При полном износе действующие средства труда ликвидируются и заменяются новыми, а при частичном они подлежат восстановлению путем ремонта.

Для экономического возмещения физического и морального износа основных средств их стоимость в виде амортизационных отчислений включается в затраты на производство продукции.

Воспроизводство основных средств – это непрерывный процесс их обновления путем приобретения новых, реконструкции, модернизации и капитального ремонта действующих средств. При этом решаются следующие задачи:

- 1) возмещение выбывающих по различным причинам основных средств;
- 2) увеличение количества основных средств с целью расширения объема производства;
- 3) совершенствование структуры основных средств.

Воспроизводство основных средств – сложный процесс, включающий следующие взаимосвязанные стадии: создание, потребление, амортизация, восстановление и возмещение.

Различают простое и расширенное воспроизводство, которое выступает в различных формах [2].

*Простое воспроизводство* – замена основных средств вследствие их износа путем замены устаревшего оборудования или ремонта (капитального, текущего, восстановительного).

Простое воспроизводство имеет следующие формы:

- капитальный ремонт;
- текущий ремонт;
- восстановительный ремонт.

*Расширенное воспроизводство* – новое строительство, расширение действующих предприятий, их реконструкция, техническое перевооружение, модернизация оборудования.

Основным источником покрытия затрат, связанных с обновлением основных средств, в условиях перехода к рыночным отношениям, самофинансирования предприятий являются собственные средства предприятий. Они накапливаются в течение всего срока службы основных средств в виде амортизационных отчислений.

Модернизация оборудования экономически очень эффективна, если в результате ее проведения возрастает годовой объем производства, увеличивается производительность труда и снижается себестоимость продукции. При этом необходимо, чтобы рентабельность производства повышалась. Последнее может быть достигнуто, если относительный прирост прибыли будет больше, чем увеличение стоимости производственных фондов в результате затрат на модернизацию.

Процесс воспроизводства основных средств может осуществляться также путем их аренды и лизинга.

Аренда – это временная передача владельцем имущества права на его использование другому субъекту – арендатору. Отношение сторон по объекту сделки определяется в договоре аренды, в котором оговариваются форма и размер арендной платы, сроки и условия ее внесения. Наиболее распространенной формой являются платежи в постоянном размере, исчисляемые исходя из стоимости арендуемого объекта. При недостатке денежных средств плата может вноситься путем передачи части продукции арендодателю или посредством оказания определенных услуг.

В договоре может быть предусмотрена передача арендатору через определенный срок всех прав на арендуемую собственность, т. е. ее выкуп; по сути, это разновидность продажи в рассрочку.

Разновидностью долгосрочной аренды и эффективным методом финансирования инвестиционной деятельности является лизинг.

Лизинг – это вид аренды, которому присущи элементы заемных операций, что придает ему сходство с кредитом. В отличие от других видов аренды в пользование сдаются не основные средства, которые находились в эксплуатации у арендодателя, а новые, специально приобретенные лизинговой компанией с целью передачи их в пользование лизингополучателю.

Таким образом, в операции участвуют три стороны:

- лизингодатель (арендодатель) – организация, приобретающая основные средства в собственность и передающая их во временное пользование за арендную плату;
- лизингополучатель (арендатор) – предприятие или предприниматель, заинтересованные в использовании и приобретении основных средств;
- продавец, в качестве которого обычно выступает предприятие – изготовитель объекта аренды (тракторов, сельскохозяйственных машин, оборудования, транспортных средств и т. д.).

Помимо наиболее распространенного финансового лизинга существуют и другие виды аренды: хайринг – среднесрочная (от 1 года до 5 лет), рентинг – краткосрочная (до 1 года). При краткосрочной аренде выкуп арендуемой техники не предусматривается [3].

Экономическое содержание лизинга в отличие от аренды состоит в следующем. При взятии в аренду каких-либо материальных ценностей арендатор не становится собственником этих средств и не приобретает правовых обязанностей по отношению к этой собственности. Лизингополучатель принимает на себя обязанности, вытекающие из права собственности, т. е. несет прямую ответственность за риск случайной гибели и техническое обслуживание объекта лизинга. Лизингодатель, как и арендодатель, остается владельцем объекта лизинга. С точки зрения экономической науки лизингополучатель в отличие от арендатора выплачивает лизингодателю не ежемесячную оплату за право пользования объектом лизинга (арендную плату), а полную сумму амортизационных отчислений. Из этого следует принципиально новое распределение рисков операции. Лизингодатель приобретает какие-либо материальные ценности в интересах и по просьбе лизингополучателя, тогда как при аренде стороны заключают договор в соответствии со встречными, совпавшими интересами. Выплата полной суммы амортизационных отчислений гарантирует хорошее обслуживание объекта лизинга [1].

При расчете за аренду размер выплат в значительной мере зависит от рыночной конъюнктуры. В отличие от аренды при лизинге существует практика получения объекта по окончании срока действия договора в собственность лизингополучателя по заранее согласованной покупной цене.



В общем виде схема лизинга представлена на рис. 1.

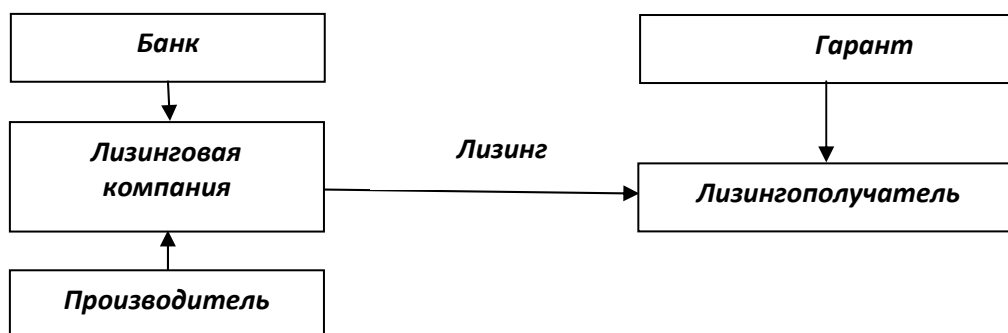


Рис. 1. Схема лизинга [1]

Благодаря лизингу, предприятия получают возможность быстро и с минимальными инвестиционными рисками осуществить замену физически и морально устаревших основных средств.

В зарубежной литературе утверждается, что суть лизинга – в сочетании элементов аренды и банковского кредита. С арендой его роднит отношение к праву собственности, с кредитом – срочность возвратности. Остальные условия зависят от специфики налогового, гражданского и торгового законодательства. Они не изменяют экономической сути, а лишь придают ему национальную специфику.

Современные источники финансирования обновления основных средств промышленных предприятий должны стать важнейшим звеном передачи самых новейших видов технических устройств и систем потребителям.

#### Литература

1. Горфинкель, В. Я. Экономика предприятия / В. Я. Горфинкель. – М. : Юнити-Дана, 2012. – 767 с.
2. Экономика предприятия / под общ. ред. А. И. Руденко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск, 2009. – 475 с.
3. Экономический механизм развития предприятий в условиях инновационной экономики / Е. С. Русак [и др.] ; под общ. ред. Е. С. Русак. – Минск : Право и экономика, 2012. – 345 с.

## ПЕРСПЕКТИВЫ АУТСОРСИНГА ИТ-УСЛУГ В БЕЛАРУСИ

**Р. В. Дешкович**

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

Научный руководитель А. М. Бондарева

Автор настоящей статьи имеет личный опыт работы в статусе индивидуального предпринимателя по разработке сайтов и другого прикладного программного обеспечения, а потому надеется на ценность своего мнения о возможностях использования аутсорсинга ИТ-услуг в экономике Беларуси.

Белорусские компании способны и имеют стимулы заказывать большой спектр услуг в сфере информационных технологий, поскольку это приводит к минимизации расходов в сравнении с тем, если бы пришлось содержать целый штат сотрудников (программистов, системных администраторов и др. специалистов). Однако на практике, вместо того, чтобы заказать услугу у специализированной компании по пре-

доставлению ИТ-услуг, руководители организаций в большинстве своем нанимают целый штат для решения тривиальных задач. Почему же это происходит?

В настоящее время спросом пользуются только облачные технологии (SAAS, CRM-системы и системы управления финансами и финансовой отчетностью). Стоит отметить, что породило этот спрос обязательное использование программы 1С-bitrix (программа для ведения бухгалтерской отчетности). Она является обязательной для предприятий и навязывание ее использования тормозит процесс развития ИТ-аутсорсинга в Беларуси.

Рассмотрим случай из реальной практики. Автору статьи пришлось устанавливать эту программу в бухгалтерском отделе Гомельской автомобильной школы ДОСААФ. Задача стояла такая: установить на 2-х компьютерах 8-ю версию программы и на одном – 7-ю. Также необходимо было синхронизировать все 3 компьютера, чтобы была общая база, и пользователям не приходилось бы пересаживаться с одного компьютера на другой. При установке программы возникли проблемы, так как для ее настройки необходимо самостоятельно через текстовый редактор править конфигурационные файлы. Без специальной подготовки с такой задачей не справиться. Нужно, как минимум, знать азы программирования.

Возникает вопрос: «Как человек, который не знает программирования, например, рядовой бухгалтер, будет эксплуатировать этот программный продукт (выгружать и загружать базы данных, переустанавливать программу при необходимости или вносить некоторые корректировки в ее настройку)?». При этом разработчики продукта не могут даже предоставить хорошую консультацию по телефону.

Почему принято решение использовать для отчетности именно 1С? Зачем использовать те решения, которые неудобны? И почему бы не разрешить пользователю самостоятельно определиться с выбором того программного продукта, который будет ему по душе? Это только положительно скажется на развитии отрасли информационных технологий. Сегодня уже есть достойный конкурент той же 1С. Есть облачный сервис под названием «EasyFinance». Ничего устанавливать не нужно, круглосуточная техническая поддержка. Масса подсказок пользователю, интеграция с расчетными счетами, с карт-счетами, с депозитами и множество других функций. При этом информация представлена не в виде сухих таблиц, как это сделано в 1С, а красочно и ярко – с графиками.

Следующей проблемой в развитии ИТ-аутсорсинга, как и ИТ-отрасли в целом, является бюрократический аппарат и нежелание некоторых лиц, от которых зависит это развитие, что-то делать. Бюрократический аппарат существенно замедляет темп развития, потому что информационные технологии – это быстро меняющаяся сфера, которая требует быстрой реакции. Достаточно посмотреть обычные новости, чтобы это понять. Сколько нового выходит каждый день! Что умели делать мобильные телефоны 7–10 лет назад? Были ли они тогда распространены? А сейчас имея в руках смартфон, можно легко обходиться без компьютера. На этот счет у меня тоже есть пример из практики.

Недавно в Минске ограбили ювелирный магазин, от которого с одной стороны 2 мин свободным шагом до КГБ, а с другой стороны – 2 мин свободным шагом до департамента охраны, под охраной которого находится этот ювелирный магазин. Когда приехал наряд, воров в магазине уже не было, и магазин был ограблен. 10 мин прошло с момента срабатывания датчика контроля периметра до приезда группы задержания. На первый взгляд может показаться, что проблема в датчиках или еще в каком-либо оборудовании, установленном в магазине. Однако при детальном изучении вопроса оказалось, что весь процесс тормозит пульт управления, который нахо-

дится в департаменте охраны. Дело в том, что смотрящие на пульте должны позвонить хозяину магазина с уточнением того, что это не он проник в свой магазин. Затем позвонить дежурному диспетчеру МВД, который также по телефону связывается с нарядами, выясняет, какой свободен и расположен ближе всего, и только после этого группа задержания отправляется на объект. Сколько манипуляций произведено! Можно с уверенностью сказать, что именно звонки и уточнения заняли большую часть времени. Автором этой статьи была разработана и предложена программа, которая автоматизирует весь этот процесс. Однако ее даже протестировать не получается. Все в один голос говорят, что это дорого внедрять – невыгодно, а также придется сократить штат сотрудников, из каждого департамента – около 30 человек. А в некоторых – больше 30. Департаменту охраны, наверное, дешевле возместить убыток от украденных украшений, разбитых витрин. По предварительным расчетам магазина, сумма понесенных убытков составляет около 10 млрд бел. р.

По внедрению программы или хотя бы по проведению тестов, приближенных к реальным условиям, автором были предприняты попытки обращения в горисполком, непосредственно к руководителям этих департаментов, а также в управление МВД, но предложение было отвергнуто по указанным причинам.

Если подойти с другой стороны к вопросам аутсорсинга в сфере информационных технологий, то в качестве основной проблемы можно выделить в целом небольшой внутренний рынок. Спроса на эти услуги не хватает на всех имеющихся на рынке разработчиков, и поскольку есть ранее указанные препятствия, то рынок имеет слабый потенциал к развитию.

Представим в целом классическую структуру рынка: на стороне предложения – разработчики, на стороне спроса – клиенты. В числе тех и других есть три категории участников: крупный бизнес, средний бизнес, индивидуальное предпринимательство (малый бизнес).

В белорусской национальной экономике на стороне предложения ИТ-услуг присутствуют три крупных компании: EPAM SYSTEMS, IBA, МЕДИАЛАЙН. Эти компании такого масштаба, что всего одна может удовлетворить потребности всего рынка. Почему тогда на рынке их три? Потому что каждая из них работает только в своей сфере. EPAM SYSTEMS занимается разработкой высоко нагруженных SAAS систем. В число их клиентов входят большие заводы, аэропорты и др. IBA преимущественно занимается мобильной разработкой. МЕДИАЛАЙН делает сайты и web-приложения. Рынок поделен и по признакам напоминает олигопольный. В такой ситуации не могут работать небольшие группы разработчиков и средние студии. Так как клиентов не хватает даже на «акул», остальные участники вынуждены идти на внешние рынки.

Как кажется на первый взгляд, – это неплохо, так как гарантирует приток валюты в страну. Но МЕДИАЛАЙН – небелорусское предприятие и основная его прибыль поступает в Москву и Санкт-Петербург. IBA – международное сообщество, основная прибыль которого сконцентрирована за рубежом. Единственное белорусское предприятие – EPAM SYSTEMS, которое приносит прибыль именно белорусской экономике, хотя за рубежом находится значительная часть филиалов, где оседает небольшая часть его прибыли.

Со стороны спроса на ИТ-услуги наблюдается следующая ситуация. Малый бизнес не может заказать услуги, потому что у него нет на это средств. Средний бизнес не очень доверяет ИТ-решениям и не хочет вкладывать в них свои средства. Крупные предприятия считают, что дешевле создать свой штат, который будет называться ИТ-отделом и успешно решать поставленные задачи. Не секрет, что такие отделы не всегда компетентны в решении поставленных задач, а сотрудники долж-

ным образом не простимулированы. Например, в 2013 г. автору статьи довелось делать сайт Гомельскому авторемонтному заводу. На заводе есть свой отдел информационных технологий и даже свой ИТ-директор. Однако как выяснилось, специалисты не знают даже фундаментальных основ программирования, в частности, не умеют настроить сервер. В результате сайт так и не запустили, потому что запуск сайта продемонстрировал бы некомпетентность «своих» специалистов. Если бы настройку сервера и подключение базы данных делали бы «со стороны», то наверняка возник бы вопрос о том, зачем держать штат «своих специалистов»?

Государство стимулирует развитие сферы информационных технологий: создаются технопарки, активно развивается «силиконовая долина», вручаются премии талантливым разработчикам. По мнению автора, государство должно создавать условия конкурентного порядка, когда малый и даже микробизнес находил бы сферу применения собственным StartUp-ам. Это стимулировало бы инициативность, делало бы белорусскую экономику более конкурентоспособной.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ «КАЙДЗЕН» ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА**

**В. А. Кузьмина**

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

Научный руководитель А. Ф. Надыров

Понятие «кайдзен» имеет японское происхождение и применительно к производству переводится как «постоянное совершенствование». Это деятельность с участием всех сотрудников предприятия, которая заключается в непрерывной реализации положительных изменений (улучшений) в короткие сроки и без привлечения крупных инвестиций. Таким образом, кайдзен-предложение – это идея работника, направленная на усовершенствование текущих процессов. Система подачи кайдзен-предложений нацелена на вовлечение персонала в постоянный процесс улучшений. Число внесенных сотрудниками предложений рассматривается как важный критерий при оценке эффективности деятельности подразделений и предприятия в целом.

Впервые философия «кайдзен» была применена в ряде японских компаний (включая Toyota) в период восстановления после Второй мировой войны, и с тех пор распространилась по всему миру. Термин «кайдзен» стал широко известен благодаря одноименной книге Масааки Имаи.

Кайдзен – это система, которая вмещает в себя многие практики и методики, направленные на улучшения: «Точно-вовремя», «Канбан» (цветные бирки), «Поток создания ценности» или «6 Сигм», «Кружки КК» (кружки контроля качества) и др.

Понятие «кайдзен» имеет синоним – непрерывный процесс совершенствования. В экономическом смысле концепция относится, как правило, к действиям по непрерывному улучшению всех функций предприятия, от производства до менеджмента. Непрерывный процесс усовершенствования включает в себя: стандартизация операций, поточное производство, обеспечение качества, организация рабочих мест, решение проблем, предотвращение расточительности, визуализация менеджмента.

Основной фокус внимания система «кайдзен» направляет на «качество» персонала, потому что именно от персонала зависит качество выпускаемой продукции и услуг. Эта система вовлекает в процесс улучшения каждого работника – от руководителя самого верхнего звена до рядового сотрудника.

Каждый сотрудник организации предлагает небольшие улучшения на регулярной основе. Предложения делаются не эпизодически в течение месяца или года, а

постоянно. Они могут быть глобального характера, а могут быть и незначительными усовершенствованиями. В этом и заключается суть системы «кайдзен» – большое количество даже малых, незначительных улучшений приводит к существенному улучшению качества.

Предложения по улучшению, которые вносят сотрудники, могут не ограничиваться какой-то конкретной областью, например, производством или маркетингом. Кайдзен основана на внесении изменений везде, где можно добиться улучшений.

На предприятиях, использующих технологию «кайдзен», непрерывный процесс совершенствования составляет важнейшую часть функционирования производственного менеджмента. Он охватывает:

- организацию (организационную структуру, распределение ответственности, координацию, механизм контроля);

- управление (разграничение целей, выбор тематики, формирование команды);

- квалификационные мероприятия (поведенческий тренинг, методический тренинг);

- систематику (регулярность, документирование, охват рабочих бригад, инструменты);

- поощрительная система (поощрение рационализаторства, специальные системы морального и материального поощрения).

В основе системы «кайдзен» находятся 5 ключевых элементов. Чтобы она могла нормально работать и быть эффективным инструментом повышения качества, в организации необходимо создать условия для их реализации.

Первый элемент – командная работа (все сотрудники должны работать как одна команда для достижения общей цели и желаемого улучшения в работе).

Второй элемент – персональная дисциплина (кайдзен требует, чтобы каждый сотрудник повышал свою самодисциплину во всех аспектах труда – управление своим временем, качество исполнения работы, соблюдение требований и регламентов и пр.).

Третий элемент – моральное состояние (независимо от того, удастся компании добиться успеха в реализации изменений или нет, персонал должен стремиться сохранить высокий моральный дух, а высшее руководство должно внедрить в практику работы различные мотивационные инструменты).

Четвертый элемент – кружки качества (необходимо организовать работу кружков качества, в состав которых входят работники разного уровня и обмениваются важными для совместной работы ресурсами, такой обмен информацией и взаимодействие в рамках кружков качества позволяет сотрудникам оценивать эффективность своей работы на основе сравнения с работой других).

Пятый элемент – предложения по улучшению (необходимо дать сотрудникам возможность свободно предлагать любые улучшения независимо от ранга, занимаемого в системе управления, и все они должны быть учтены и рассмотрены).

Применение системы «кайдзен» осуществляется за счет создания и постоянной работы так называемых кайдзен-команд. Исходя из задач, которые они решают, можно выделить 5 основных видов команд:

- постоянные команды – эти команды работают каждый день, в их состав входят специалисты (рабочие, служащие), выполняющие работы на местах;

- команды по решению возникших проблем – формируются для поиска решений конкретной проблемы в работе;

- кросс-функциональные команды – формируются для оценки существующих процессов организации и поиска возможностей по их улучшению;

- команды по реализации решений – формируются для внедрения разработанных улучшений процессов и создаются из участников постоянных команд, команд по решению возникших проблем и кросс-функциональных команд;

– малые группы – формируются для разработки, внедрения и применения специфических или новых процессов, в их составе – специалисты низового звена и руководители подразделений из постоянных команд и команд по решению возникших проблем.

Работа команд (за исключением постоянных) осуществляется в течение кайдзен-сессий. Продолжительность кайдзен-сессий составляет от 2 до 5 дней. Проведение каждой сессии нацелено на решение какой-либо конкретной задачи.

В основе концепции «кайдзен» лежат следующие инструменты:

– цикл «Планируй-Делай-Проверяй-Воздействуй» Шухарта-Деминга (PDCA);  
– «Стандартизуй-Делай-Проверяй-Воздействуй», «всеобщий менеджмент на основе качества» (TQM);

– «Точно-вовремя», «всеобщий уход за оборудованием» (TPM).

Первое, что нужно сделать в процессе «кайдзен», это ввести цикл PDCA в качестве механизма, который обеспечивает непрерывность кайдзен в достижении политики поддержания и совершенствования стандартов. Это – один из самых важных моментов в использовании концепции «кайдзен».

В основе концепции лежит оптимизация процессов путем их ранжирования по признакам, определяемым понятиями «Муда». Муда – действия, которые не добавляют ценности. Они включают восемь видов потерь – действий или затрат, не добавляющих ценности при осуществлении производственных и бизнес-процессов. Основными видами потерь являются:

– Движения – непродуктивные и лишние движения увеличивают время выполнения операций и их сложность.

– Ожидание – излишнее время ожидания исполнения операций приводит к увеличению цикла производства.

– Технология – неправильно организованная технология процессов приводит к несогласованности действий.

– Транспортировка – большие расстояния, перемещение с места на место, подъем и опускание в процессе производства увеличивают непроизводственные затраты.

– Дефекты – на исправление дефектов уходят затраты материалов и труда.

– Запасы – излишние запасы материалов добавляют стоимость к продукции, но не дают ценность.

– Перепроизводство – продукции произведено больше, чем предусмотрено планом.

Исходя из вышеизложенного, можно выделить экономические и социальные цели процесса «кайдзен». Экономические цели включают в себя: улучшение качества, повышение производительности, сокращение запасов, повышение готовности производственных средств, улучшение логистики. К социальным целям можно отнести мотивацию участников, улучшение командных способностей, повышение ответственности сотрудников, сглаживание иерархии.

Таким образом, система «кайдзен» может быть применима для компаний любого размера и любых отраслей, а использование принципов «кайдзен» позволяет достигнуть положительного результата в совершенствовании процесса производства. Компании, которые используют эту систему, повышают рентабельность и конкурентоспособность своего бизнеса, обходясь без крупных капиталовложений. Она позволяет поднять производительность труда на 50–100 % и более.

#### Литература

1. Масааки, Имаи Кайдзен: Ключ к успеху японских компаний : пер. с англ. / Масааки Имаи. – 5-е изд. – М. : Альпина Паблишерз, 2011.
2. Масааки, Имаи Гемба кайдзен: Путь к снижению затрат и повышению качества. – Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management. – Альпина Паблишер, 2012.
3. Фидельман, Г. Альтернативный менеджмент. Путь к глобальной конкурентоспособности / Г. Фидельман, С. Дедиков, Ю. Адлер. – Альпина Бизнес Букс, 2005.

4. Мотивация персонала. Ключевой фактор менеджмента / под ред. Й. Кондо. – Н. Новгород : СМЦ «Приоритет», 2002.
5. Куликов, Г. В. Японский менеджмент и теория международной конкурентоспособности / Г. В. Куликов. – М. : Экономика, 2000.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ОБОРОТНЫХ СРЕДСТВ

**О. С. Новикова**

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

Научный руководитель С. С. Дрозд

В настоящее время на многих предприятиях Республики Беларусь не хватает оборотных средств, необходимых для стабильной работы. Решение этой проблемы влияет на прибыль организации, качество выпускаемой продукции и выполняемых работ, размеры оплаты труда и многое др.

Оборотные средства – это денежные средства, авансированные (вложенные) в оборотные производственные фонды и фонды обращения, необходимые для обеспечения непрерывности процесса производства и реализации продукции. К ним обычно относятся материалы, сырье, топливо, энергия, полуфабрикаты, незавершенное производство, расходы будущих периодов, готовая продукция. Стоимость оборотных средств определяется суммированием стоимостей их отдельных видов.

Один из ключевых аспектов оптимизации оборотных активов – управление дебиторской задолженностью.

Необходимость правильного управления уровнем дебиторской задолженности определяется не только стремлением к максимизации денежных потоков предприятия, но и желанием снизить издержки организации, возникающие из-за того, что любое увеличение дебиторской задолженности должно быть профинансировано каким-либо способом:

- за счет роста внешних заимствований (средств кредиторов или ссуд банков);
- за счет собственной прибыли.

Белорусская экономика в последние несколько лет продемонстрировала резкое ухудшение качественных показателей. Данные Белстата, приведенные в табл. 1 за период 2010–2012 гг., свидетельствуют о резком увеличении дебиторской задолженности.

*Таблица 1*

### Данные по дебиторской задолженности

Показатели	Единицы измерения	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Дебиторская задолженность	млрд р.	49 457	107 058	155 105
Из нее: просроченная	млрд р.	7 387	11 617	17 175
Удельный вес просроченной дебиторской задолженности в общей сумме дебиторской задолженности	%	14,9	10,9	11,1
Внешняя дебиторская задолженность	млрд р.	9 010	32 080	44 784
Из нее: просроченная	млрд р.	994	2 730	2 041
В процентах	%	2,0	2,6	1,3

Исходные данные могут говорить о постоянном и значительном увеличении объемов реализации продуктов или услуг с отсрочкой платежа. Чем больше и дольше увеличивается объем продаж, тем значительнее становится вопрос о нехватке оборотных средств. Также это может свидетельствовать об ослаблении финансового положения клиентов, которые требуют увеличения отсрочки платежа. В большинстве случаев это вполне нормальная практика, которая при грамотном подходе позволяет продавцам увеличить объем продаж и одновременно получить лояльного клиента. В-третьих, это слабая организация работы всей структуры предприятия. Обычно это быстро выявляется и проводятся необходимые изменения.

В целом рост дебиторской задолженности приводит к ухудшению финансового положения предприятия. Это свидетельствует о недостатках работы предприятия и, в первую очередь, маркетинговой службы. Поэтому для улучшения работы предприятия необходимо провести анализ и сделать соответствующие выводы.

Для примера возьмем предприятие пищевого производства Гомельской области СП ОАО «Спартак» и проанализируем динамику изменения структуры оборотных средств (табл. 2).

Таблица 2

## Динамика изменения структуры оборотных средств

Вид средств	Наличие средств, млн р.			Абсолютное изменение	
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г. к 2010 г.	2012 г. к 2011 г.
Запасы	64458	137760	123169	73302	-14591
Расходы будущих периодов	686	322	736	-364	414
Краткосрочная дебиторская задолженность	5914	14451	141194	8537	126743
Краткосрочные финансовые вложения	593	350	23	-243	-327
Денежные средства и их эквиваленты	3169	7743	22783	4574	15040
<i>Итого</i>	117892	267413	411076	149521	143663
Кредиторская задолженность	28736	88620	75596	59884	-13024

Из табл. 2 видно, что все показатели краткосрочных активов в течение трех лет были увеличены (кроме краткосрочных финансовых вложений). Самое значительное увеличение денежных средств произошло за счет краткосрочной дебиторской задолженности. Ее увеличение приводит к отвлечению оборотных средств непосредственно из оборота, т. е. может привести к уменьшению средств на счетах, что отрицательно влияет на платежеспособность предприятия. Увеличение дебиторской задолженности сигнализирует о недостаточном контроле за платежно-расчетной дисциплиной на предприятии (в случае значительного увеличения задолженности покупателей или заказчиков перед Вами).

Так как на данном предприятии не наблюдается таких показателей, как просроченная дебиторская задолженность, то это свидетельствует о том, что увеличение дебиторской задолженности приводит к увеличению и кредиторской задолженности, что является негативным моментом на СП ОАО «Спартак».



Предприятию СП ОАО «Спартак» можно предложить следующие рекомендации, позволяющие управлять дебиторской задолженностью и в целом повысить оборачиваемость капитала:

- контролировать состояние расчетов с потребителями по отсроченным (просроченным) задолженностям;
- по возможности ориентироваться на большее число потребителей с целью уменьшения риска неуплаты одним или несколькими крупными покупателями;
- следить за соотношением дебиторской и кредиторской задолженности: значительное превышение дебиторской задолженности создает угрозу финансовой устойчивости предприятия и делает необходимым привлечение дополнительных (как правило, дорогостоящих) источников финансирования;
- сокращать продолжительность производственного цикла за счет интенсификации производства, т. е. использовать новейшие технологии, механизацию и автоматизацию производственных процессов, повысить уровень производительности труда, более полно использовать производственные мощности предприятия, трудовые и материальные ресурсы и др.;
- улучшить организацию материально-технического снабжения с целью бесперебойного обеспечения производства необходимыми материальными ресурсами и сокращения времени нахождения капитала в запасах;
- ускорить процесс отгрузки продукции и оформление расчетных документов;
- повысить уровень маркетинговых исследований, направленных на ускорение продвижения товаров от производителя к потребителю (включая изучение рынка, совершенствование товара и форм его продвижения к потребителю, формирование правильной ценовой политики, организацию эффективной рекламы и т. п.).

#### Литература

1. Зайцев, Н. Л. Экономика, организация и управление предприятием : учеб. пособие / Н. Л. Зайцев. – М. : ИНФРА-М, 2012. – 456 с.
2. Статистический ежегодник 2013 / И. А. Костевич [и др.] ; под ред. В. И. Зиновского // Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – 2014. – 578 с.

## ЯВЛЯЮТСЯ ЛИ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ГОМЕЛЯ?

**В. А. Поддубная**

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

Научный руководитель И. В. Ивановская

Эффективность деятельности организации во многом зависит от того, насколько она адаптирована к внешней среде, в какой мере гибки, подвижны ее структуры, в какой мере она способна к нововведениям.

В современном экономическом мире инновации выступают одним из ключевых факторов, определяющих перспективы социального и экономического развития организаций.

Инновация (англ. *innovation*) – это внедренное новшество, обеспечивающее качественный рост эффективности процессов или продукции, востребованное рынком. Является конечным *результатом интеллектуальной деятельности* человека, его фантазии, творческого процесса, открытий, изобретений и рационализации. Примером инновации является выведение на рынок продукции (товаров и услуг) с новыми

потребительскими свойствами или качественным повышением эффективности производственных систем.

Инновационная деятельность – это деятельность, направленная на поиск и реализацию инноваций в целях расширения ассортимента и повышения качества продукции, совершенствования технологии и организации производства.

Инновационная деятельность включает: выявление проблем предприятия; осуществление инновационного процесса; организацию инновационной деятельности.

В современной экономике инновации проявляют себя не только как мощный стратегический инструмент, но и как устойчивая составляющая производительных сил.

Инновационность становится неотъемлемой характеристикой современной экономики. Инновации и инновационному процессу посвящают работы ученые экономисты, эти вопросы рассматриваются на заседаниях правительства, о них спорят политики. Постепенно начинают задумываться об этом явлении участники отечественной экономической политики.

Главная предпосылка инновационной деятельности предприятия состоит в том, что все существующее стареет. Поэтому необходимо систематически отбрасывать все то, что износилось, устарело, стало тормозом на пути к прогрессу, а также учитывать ошибки, неудачи и просчеты. Для этого на предприятиях периодически необходимо проводить аттестацию продуктов, технологий и рабочих мест, анализировать рынок и каналы распределения. Иными словами, должна проводиться своеобразная рентгенограмма всех сторон деятельности предприятия. Это не просто диагностика производственно-хозяйственной деятельности предприятия, его продукции, рынков и т. д. На ее основе руководители должны первыми подумать о том, как самим убрать из своей продукции (услуг) морально устаревшую, а не ждать, пока это сделают конкуренты. А это, в свою очередь, будет побуждать предприятие к инновациям.

Инновационное предприятие – хозяйствующий субъект, осуществляющий предпринимательскую деятельность, связанную с разработкой, производством и поставкой инновационной продукции (товаров, услуг), для которой указанная продукция составляет основную часть (не менее 70 %) общего объема производства товаров (услуг).

Инновационно-активное предприятие – это предприятие, осуществляющее затраты на технологические инновации.

На протяжении многих лет научно-технический потенциал Гомельской области уступает лишь столице государства – г. Минску. На территории г. Гомеля размещено 107 промышленных предприятий.

В таблице представлены показатели промышленных предприятий г. Гомеля за 2013 г.

#### Показатели промышленных предприятий г. Гомеля за 2013 г.

Наименование показателя	2013 г.
Число промышленных предприятий, ед.	107
Число организаций, выполнявших научные исследования и разработки, ед.	36
Внутренние затраты на научные исследования, млн р.	541608
Объем промышленного производства, млрд р.	126691
Объем отгруженной инновационной продукции, млрд р.	20298,3
Число инновационно-активных организаций, ед.	59
Затраты организаций на технологические инновации, млн р.	2 420 439

Из 107 обследованных организаций промышленности 36 организаций были инновационно-активными, т. е. осуществляли затраты на разработку и внедрение технологических, организационных и маркетинговых инноваций.

Удельный вес инновационно-активных организаций в общем количестве организаций составил 22,5 % против 22,2 % в 2012 г. (рис. 1).



Рис. 1. Динамика объема и удельного веса отгруженной инновационной продукции организациями промышленности

В 2013 г. организациями промышленности области отгружено инновационной продукции в фактических отпускных ценах на 20,3 трлн р. Удельный вес отгруженной инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции составил 21,2 % и снизился по сравнению с 2012 г. на 2 процентных пункта.

Наибольший удельный вес отгруженной инновационной продукции приходился на организации, основным видом экономической деятельности которых являлось производство кокса, нефтепродуктов и ядерных материалов (64,6 %), металлургическое производство и производство готовых металлических изделий (15,5 %), производство машин и оборудования (14,9 %).

Так как удельный вес отгруженной инновационной продукции в общем объеме составляет 21,2 % в 2013 г., а это меньше чем 70 %, то промышленные организации г. Гомеля не являются инновационными предприятиями. Но за счет того, что они осуществляют затраты на инновации, они являются инновационно-активными.

#### Литература

1. Об инновационной деятельности : модельный Закон. – Гомель, 2015. – Режим доступа: <http://pravo.levonevsky.org>.
2. Официальный сайт / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Гомель, 2015. – Режим доступа: <http://gomel.belstat.gov.by>.
3. Гольдштейн, Г. Я. Стратегический инновационный менеджмент : учеб. пособие / Г. Я. Гольдштейн. – Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2004. – 267 с.
4. Центр Креативных Технологий. – Гомель, 2015. – Режим доступа: <http://www.inventech.ru>.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ (НА ПРИМЕРЕ СП ОАО «СПАРТАК»)

**В. В. Шведова**

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

Научный руководитель А. М. Павлов

Затраты – это денежная оценка стоимости материальных, трудовых, финансовых, природных, информационных и других видов ресурсов на производство и реализацию продукции за определенный период времени [2].

В современных условиях управление затратами рассматривается как средство обеспечения увеличения экономического результата, поскольку в общем виде он определяется разностью дохода от продажи продукции и затрат на ее производство (производственные затраты) и сбыт (затраты на реализацию). Производственные затраты занимают основное место в структуре затрат промышленного предприятия, концентрируя в себе результаты всех направлений его деятельности.

Классически проблемы управления производственными затратами затрагивают решение вопросов планирования, учета, анализа, контроля затрат, снижения себестоимости продукции. Вместе с тем становление рыночных отношений требует изменения взглядов на управление производственными затратами с учетом особенностей переходного к рыночной экономике периода, значительных новаций, происходящих в технологии производства, в потребительских предпочтениях, в конкурентной среде [3].

В этой связи важно определить основные принципы, которыми предприятия должны руководствоваться при выборе варианта организации системы управления производственными затратами, выявить назначение и роли данной системы в общем управлении предприятием и соотнести данные роли с текущими и перспективными задачами предприятия, а также его спецификой.

В настоящее время процессы управления производственными затратами на отечественных промышленных предприятиях в большинстве случаев не обладают необходимым уровнем системности, гибкости, динамичности. На фоне значительного интереса к внедрению методов управления затратами производства имеется ряд проблем теоретико-методологического и методического характера, наличие которых в значительной степени объясняется следующими обстоятельствами:

- отсутствием должного внимания к анализу внешней среды бизнеса при структурировании процессов управления производственными затратами;
- трудностями при выборе методов управления затратами и реализации этих методов;
- недостаточной разработанностью критериев оценки эффективности управления затратами производства [1].

Управление затратами предприятия является составляющей системы управления предприятия в целом. Необходимость осуществления на предприятии управленческого учета обусловлена тем, что величина основных видов ресурсов, расходуемых на производство продукции, в значительной степени влияет на эффективность производства, величину прибыли и уровень рентабельности.

Управление затратами означает их сокращение. На многих предприятиях не могут определить истинных причин, образующих затраты и, как следствие, влияющих на финансовые результаты деятельности.

Все это определяет перспективные направления развития теории и практики управления затратами производства и вызывает необходимость разработки комплексного методологического подхода к совершенствованию управления производственными затратами, позволяющего реально представить данную проблему с позиций современной науки менеджмента.

Рассмотрим данную проблему на примере СП ОАО «Спартак» (предприятие относится к пищевой промышленности).

Поддержка пищевой промышленности является одним из наиболее приоритетных и стратегических направлений развития страны. Обеспечивая высокую конкурентоспособность предприятиям пищевой промышленности, государство поддерживает необходимый уровень продовольственной безопасности на внутреннем рынке, а также имеет возможность экспортировать часть произведенной продукции на внешние рынки [4].

Проведя анализ работы предприятия, выявлены следующие тенденции:

- объем производства продукции в действующих ценах в 2010 г. по сравнению с 2009 г. увеличился на 20,78 %. К 2012 г. он возрос еще в 2 раза;

- себестоимость продукции в 2010 г. по сравнению с 2009 г. увеличилась на 23,66 %. К 2012 г. она возросла на 89,15 %. Рост себестоимости продукции можно аргументировать тем, что раньше старались покупать материалы на территории Беларуси, а теперь приходится покупать в других регионах;

- затраты на 1 р. произведенной продукции в 2011 г. снизились (15,04 %) и составляют 0,12 р., т. е. в 1 р. выпущенной продукции имеется 0,12 % материальных затрат, трудовых и финансовых ресурсов и 0,88 % прибыли. Это оценивается положительно, так как снижение затрат на рубль товарной продукции достигается повышением производительности труда и качества продукции, улучшением использования производственных ресурсов, опережающим ростом товарной продукции по сравнению с затратами;

- внешнеторговое сальдо предприятия к 2012 г. в абсолютном выражении снизилось на 2305 тыс. долл. США. Одним из главных факторов, повлиявших на отрицательное внешнеторговое сальдо, является увеличение стоимости сырья, так как сырье занимает основную часть в себестоимости производимой продукции, следовательно, увеличивается цена производимой продукции. Фактом увеличения импорта является то, что предприятие осваивает новые виды производства;

- материальные затраты на производство продукции в 2010 г. по сравнению с 2009 г. увеличились на 26,34 %, к 2012 г. они возросли на 85,74 %. Данный факт обусловлен ростом цен на сырье и материалы, затратами на оплату труда работников и тарифами на коммунальные услуги;

- материалоемкость произведенной продукции к 2012 г. снизилась на 16,57 %; это означает, что материальные затраты на производство единицы продукции снизились. Данный показатель снизился за счет совершенствования материальной базы предприятия;

- добавленная стоимость в 2011 г. возросла в 2,7 раза по сравнению с 2010 г. Ее рост обеспечен увеличением объема производства в 2,2 раза.

Более выгодным для СП ОАО «Спартак» на данном этапе было бы производство патоки в имеющемся паточном цехе, а не ее покупка (тем более, из-за границы). Сейчас на «Спартак» патоку поставляет ООО «ТД Крахмалопродукт» (г. Днепрпетровск, Украина) через фирму «Дабл Стар Интерпрайзис». Доставка осуществляется морским транспортом в цистернах.

Расчет годового экономического эффекта от внедрения мероприятия состоит из двух разделов:

1) расчет общей годовой стоимости покупной патоки, который, в свою очередь делится на подразделы: стоимость 1 т покупной патоки в рублевом эквиваленте, годовая стоимость покупной патоки, транспортные расходы по доставке патоки, таможенные сборы;

2) расчет общей годовой стоимости патоки собственного производства, в состав которого входят подразделы: норма расхода крахмала для производства 1 т патоки; годовая потребность в крахмале; стоимость 1 т крахмала; годовая стоимость крахмала; транспортные расходы по доставке крахмала; годовая стоимость вспомогательных материалов для производства патоки; годовая стоимость дополнительных расходов.

Годовой экономический эффект при переходе от использования покупной патоки к использованию патоки собственного производства составит 4 110,205 млн р.

Управление затратами означает их сокращение, что значительно влияет на финансовые результаты деятельности предприятия. Поэтому руководству предприятия очень важно выбрать нужный стиль и методы управления производством и финансами, стратегию и тактику работы с учетом сложившейся экономической ситуации, что даст возможность предприятию выжить, выстоять и процветать.

#### Литература

1. Место и роль управления затратами в системе управления предприятием / Ответила. – 2015. – Режим доступа: <http://otvetila.ru/>. – Дата доступа: 20.03.2015.
2. Скляренко, В. К. Экономика предприятия : учебник / В. К. Скляренко, В. М. Прудников. – М. : ИНФРА-М. – 2006.
3. Совершенствование системы управления затратами / ООО «Олбест». – 2010–2015. – Режим доступа: <http://knowledge.allbest.ru/>. – Дата доступа: 20.03.2015.
4. Стратегические приоритеты развития пищевой промышленности / Xreferat. – 2015. – Режим доступа: <http://xreferat.ru/>. – Дата доступа: 20.03.2015.

## **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНОВ ГОСУДАРСТВА**

**И. Н. Пушкарчук, О. А. Мишко**

*Луцкий национальный технический университет, Украина*

Энергетическая безопасность – одна из важнейших составляющих экономической безопасности страны и ее обеспечение является безоговорочным в политической, экономической, социальной и экологическом аспектах, ведь энергетика является основой экономики любого государства, которая обеспечивает функционирование всех видов экономической деятельности, формирование значительной доли доходной части бюджета и поступления валютных средств. Усиление роли регионов в социально-экономическом развитии страны требует повышенного внимания к обеспечению энергетической безопасности именно на региональном уровне.

Под экономической безопасностью региона подразумевается способность региональных органов власти обеспечить конкурентоспособность, стабильность, устойчивость, динамичность развития его экономики, органично интегрированной в экономику страны.

Экономическая безопасность является составной частью национальной безопасности, которая не только обеспечивает защищенность национальных интересов, но и формирующий механизм их реализации и защиты, поддержки социально-

экономической стабильности общества [1]. По нашему мнению, экономическая безопасность региона включает энергетическую, финансовую, инвестиционную, экологическую, инновационную и социальную безопасность. Энергетическая безопасность является одной из базовых составляющих системы экономической безопасности. Значительная интеграция энергетики в основные отрасли экономики и социальную сферу определяет ее особую роль в обеспечении безопасности развития современного общества. Таким образом, энергетическая безопасность является неотъемлемой частью экономической и национальной безопасности, необходимым условием существования и развития, как регионов в частности, так и государства в целом. Именно обеспеченность энергетическими ресурсами определяет социально-экономический прогресс государства и его регионов.

Проведенный теоретический анализ позволяет сделать вывод, что попытки определения сущности энергетической безопасности не были системными, отмечены многообразием подходов и недостаточным обоснованием. Подходы ученых к ее трактовке можно сгруппировать в шесть групп, в соответствии с которыми она рассматривается как:

- 1) состояние защищенности населения и экономики от угроз неудовлетворительного энергообеспечения;
- 2) состояние защищенности интересов (национальных, региональных, общественных) в энергетической сфере, т. е. обеспеченность регионов страны энергоресурсами для реализации воспроизводственных процессов в экономике;
- 3) состояние безопасности системы энергообеспечения (в частности, топливно-энергетического комплекса);
- 4) стабильность (устойчивость) системы энергообеспечения при воздействии различных дестабилизирующих факторов;
- 5) надежность энергоснабжения;
- 6) энергетическая независимость.

Обобщая и систематизируя подходы ученых, под энергетической безопасностью региона, считаем, следует понимать способность региона формировать достаточный объем топливно-энергетических ресурсов, в первую очередь, из собственных источников, и максимально эффективно их использовать для обеспечения жизнедеятельности населения и функционирования региональной экономики, при этом оптимально диверсифицируя источники и пути снабжения страны энергоносителями, создавая условия для гибкой адаптации региональной экономики к изменению цен на эти ресурсы.

Энергетическая безопасность региона характеризуется такими параметрами, которые можно определить как ее формирующие составляющие:

- 1) энергообеспечение (экономическая составляющая) – характеризует обеспеченность региональной экономики и населения региона топливом и энергией, что зависит от достаточности, надежности, качества их поставок, а также от эффективности энергопроизводства и энергопотребления;
- 2) энергонезависимость (политико-экономическая составляющая) – характеризует независимость региона от внешних энергоресурсов и определяется уровнем импорта энергоносителей, монопольным импортом, уровнем диверсификации источников и видов поставляемых и потребляемых топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), наличием транзитных потоков и т. д.;
- 3) экологическая приемлемость (экологическая составляющая) – характеризует уровень загрязнения объектами энергопроизводства и транспорта энергоносителей (нефте- и газопроводы) окружающей среды, а также финансовые условия возмещения нанесенного экологического ущерба;

4) социальная стабильность (социальная составляющая) – характеризует безопасность энергоснабжения, надежность и качество энергообеспечения населения, а также покупательскую способность населения приобретать топливно-энергетические ресурсы по установленным ценам и тарифам.

Для достижения и реализации названных параметров общество и экономика должны обеспечивать благоприятные экономические, политические, институциональные и другие условия, включая благоприятный инвестиционный и инновационный климат. Таким образом, энергетическая безопасность – атрибут не только энергетики и даже не только производственной сферы, но и общества в целом. Поэтому энергетическая безопасность имеет не только технико-экономический, но в определенной мере и политический смысл [2].

Можно выделить следующие угрозы энергетической безопасности регионов государства:

1) внутренние (чрезмерная энергоемкость ВРП; недостаточность сырьевой базы и неэффективное ее использование; отсутствие платежеспособного спроса на энергоресурсы; отсутствие собственного производства ядерного топлива и обеспечения полного ядерного цикла; неэффективность системы управления энергетикой и ее неспособность обеспечивать потребности экономик регионов страны; отсутствие должного контроля за действиями трейдеров, что монополизировало рынки поставок энергоресурсов; устарелость и высокий уровень износа энергетических мощностей; техногенные аварии; стихийные бедствия; аномальные проявления природных процессов);

2) внешние (высокий уровень монополизации поставок импортных энергетических ресурсов; значительная импортная зависимость в производственном оборудовании, материалах и услугах для ТЭК; нестабильность мировой конъюнктуры цен на энергоносители; существенная зависимость от иностранного инвестора; общемировая контрабандная деятельность; высокая политизированность отношений в энергетической сфере).

На энергетическую безопасность региона влияют следующие факторы: структура энергоносителей в энергопотреблении; уровень освоения, переработки и результативности использования имеющихся собственных энергоресурсов; диверсификация источников энергоснабжения; использование альтернативных источников энергии; транспортная инфраструктура региона; мониторинг и контроль за расходами топливно-энергетических ресурсов (ТЭР); применяемые энергогенерирующие технологии; инструменты реализации политики энерго- и ресурсосбережения.

Мерами обеспечения энергетической безопасности регионов государства, считаем, являются:

– максимально возможное и эффективное использование собственных энергоресурсов и источников энергии;

– использование вторичных энергоресурсов;

– диверсификация источников импорта энергоносителей и путей их транспортировки во избежание монопольной зависимости от одной страны-поставщика;

– модернизация основных фондов предприятий топливно-энергетического комплекса и других видов экономической деятельности на основе внедрения современных энергосберегающих технологий, телекоммуникационных и компьютерных сетей;

– широкое использование альтернативных источников энергии;

– уменьшение доли энерго- и ресурсоемких производств;

– формирование у юридических и физических лиц энергосберегающего мировоззрения.

При этом необходимо активно применять такие экономические инструменты:



- 1) создание общегосударственного внебюджетного фонда энергосбережения;
- 2) паритетное участие в формировании цен внешних энергорынков с использованием инструментов транзитных тарифов;
- 3) региональные программы энергетической безопасности и энергосбережения;
- 4) структурная перестройка экономики в направлении уменьшения доли энергоемких отраслей производства;
- 5) создание энергетических промышленно-финансовых групп;
- 6) формирование рынка инновационных источников энергии;
- 7) установление экономически обоснованных тарифов на энергоресурсы;
- 8) стимулирование внедрения энергосберегающих технологий;
- 9) строгий учет и контроль за энергопотреблением энергоресурсов во всех видах экономической деятельности;
- 10) административная и экономическая ответственность за неэффективное использование энергоресурсов;
- 11) организация работ по сертификации природоохранных технологий и технических средств.

Обеспечение энергетической безопасности регионов государства требует комплексного применения предлагаемых инструментов, которые будут гарантировать дальнейшее экономическое развитие регионов, благосостояние населения, независимость и общественно-политическую стабильность и экономическую безопасность территорий, ведь энергетическая безопасность является одним из ее системообразующих факторов.

#### Литература

1. Шуршин, В. О. Система економічної безпеки регіону: аналіз та перспективи : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.05 / В. О. Шуршин. – Черкаси, 2009. – 204 арк. – Бібліогр.: С. 190–204.
2. Сендеров, С. М. Стратегия обеспечения энергетической безопасности России / С. М. Сендеров. – Режим доступа: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4532>.

## **Секция VI КОРПОРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**

---

### **ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ РЫНОЧНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**М. В. Тацевич**

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

Научный руководитель И. В. Горская

В настоящее время в условиях усиливающейся конкурентной борьбы оценка эффективной деятельности промышленного предприятия приобретает особую актуальность. Сегодня многие предприятия стремятся привлечь инвестиции для проведения модернизации, осуществления инновационных проектов, что, безусловно, может способствовать более успешному функционированию предприятия и улучшению его конкурентных позиций. Однако это требует привлечения достаточно большого объема ресурсов, что в современных условиях является определенной проблемой для предприятий. В связи с этим полагается, что любому хозяйствующему субъекту необходимо сосредоточить свои усилия не на поиске новых ресурсов, а в первую очередь, на возможности более полного и оптимального использования тех внутренних возможностей, которыми предприятие уже располагает. Нам представляется, что одной из основополагающих составляющих рыночного потенциала промышленного предприятия является производственно-технологическая составляющая, которая дает возможность принимать своевременные и правильные решения в управлении производством и предприятием в целом, что влияет на текущее и перспективное состояние предприятия.

Экономика нашей страны все в большей степени приобретает рыночный характер, при этом предприятия, как правило, для оценки своей деятельности применяют лишь стандартные методики. Поэтому резко встает вопрос о выборе методики оценки рыночного потенциала предприятия, которая позволит оперативно определять узкие места, обнаруживать скрытые резервы в целях повышения эффективности его деятельности. Анализ изученного материала по исследуемой проблеме показывает не совсем достаточную проработку оценки рыночного потенциала на уровне отдельного предприятия. Представляется, что первоначально при разработке методики, выявлении тех показателей, которые должны быть включены в нее для наиболее точной характеристики, необходимо провести оценку и анализ ее составляющих, в том числе и производственно-технологической.

На состояние и использование производственно-технологического потенциала как структурного элемента рыночного потенциала влияет множество факторов, процессов, но только детальный анализ каждой составляющей, образующих его, дает полное представление о том, как управлять потенциалом наиболее эффективно. Поэтому производственно-технологическое направление деятельности предприятия можно рассматривать как отношения, возникающие на пути достижения максимально возможного производственного результата при наиболее эффективном использовании основных средств и имеющейся техники в целях получения наиболее высокого

## Секция VI. Корпоративное управление и инновационная деятельность 363

уровня технологий, а также материальных ресурсов для обеспечения максимальной экономии и оборачиваемости. При этом роль производственно-технологической составляющей заключается в поиске и реализации внутренних источников саморазвития в целях обеспечения стабильной работы предприятия. Основной проблемой при оценке элементов производственно-технологической составляющей является выбор наиболее значимых показателей каждого из элементов.

Основываясь на различные подходы к оценке потенциала промышленного предприятия [1], [2], рекомендуется анализировать деятельность предприятия по таким составляющим, как производственная, технико-технологическая и материальная. Набор и количество показателей зависят от глубины анализа данного направления.

Предлагаемая структура оценки производственно-технологической составляющей деятельности предприятия в виде системы показателей приведена на рис. 1.

Оценка производственной составляющей	Роль показателя в оценке	Расчет показателя
<b>Коэффициент прироста основных средств</b>	Показывает, какая часть основных средств добавилась (убавилась) к стоимости основных средств, находящихся на балансе предприятия	Сумма прироста основных средств / стоимость основных средств на начало отчетного года
<b>Коэффициент годности основных средств</b>	Отражает, какую долю составляет их остаточная стоимость от первоначальной стоимости основных средств за определенный период	Остаточная стоимость (первоначальная стоимость основных средств за вычетом износа) / полная первоначальная (восстановительная) стоимость
<b>Коэффициент использования производственной мощности</b>	Характеризует, на сколько использованы потенциальные производственные возможности предприятия, позволяет оценить имеющиеся резервы	Соотношение фактической производственной мощности предприятия и его теоретических производственных возможностей
<b>Фондоотдача основных средств</b>	Показывает эффективность использования основных средств	Объем выпуска продукции / среднегодовая стоимость основных средств
<b>Рентабельность активов</b>	Характеризует степень эффективности использования имущества предприятия	Чистая прибыль * 100% / суммарное значение среднегодовой стоимости основных средств и оборотных нормируемых средств
<b>Издержки производства на единицу продукции</b>	Отражает эффективность затрат при выпуске продукции	Валовые издержки / объем выпуска продукции
Оценка технико-технологической составляющей	Роль показателя в оценке	Расчет показателя
<b>Коэффициент обновления активной части основных средств</b>	Отражает, сколько от имеющейся на конец отчетного периода активной части основных средств составляет новая участвующая в производстве часть основных средств	Стоимость введенной активной части основных средств / общая стоимость активной части основных средств
<b>Уровень технической вооруженности труда</b>	Показывает, сколько стоимости активной части основных средств приходится на одного рабочего	Определяется отношением стоимости производственного оборудования к среднесписочному числу рабочих в наибольшую смену
<b>Показатель интегральной нагрузки оборудования</b>	Характеризует использование оборудования как по времени, так и по производительности	Произведение коэффициентов экстенсивной и интенсивной нагрузки оборудования
Оценка материальной составляющей	Роль показателя в оценке	Расчет показателя
<b>Материалоемкость продукции</b>	Показывает материальные затраты, приходящиеся на каждый рубль выпущенной продукции	Сумма материальных затрат / стоимость произведенной продукции
<b>Коэффициент использования материала</b>	Отражает уровень эффективности использования материалов, уровень технологии, принятый при изготовлении товара	Чистовой расход материала / норма расхода материала
<b>Коэффициент оборачиваемости оборотных средств</b>	Характеризует эффективность использования оборотных средств	Выручка от реализации продукции / среднегодовой остаток оборотных средств
<b>Энергоемкость продукции</b>	Показывает, сколько энергоресурсов или энергии затрачивается на производство единицы продукции предприятия	Сумма затрат на потребленную энергию и топливо при изготовлении продукции / стоимость произведенной продукции
<b>Рентабельность продукции</b>	Характеризует степень прибыльности производства продукции	Прибыль от реализации * 100% / полная себестоимость продукции

Рис. 1. Показатели оценки производственно-технологической составляющей рыночного потенциала промышленного предприятия

Так, в оценку необходимо включить показатели, характеризующие эффективность использования основных средств (производственная составляющая); показатели использования оборотных средств предприятия, материальных ресурсов (материальная составляющая); показатели развития технической базы предприятия (технико-технологическая составляющая). Технико-технологическая составляющая подразумевает комплекс взаимосвязанных машин, оборудования, средств автоматики, контроля и управления, а также технологических процессов основного и вспомогательного производств. Эта составляющая играет очень важную роль в деятельности промышленных предприятия, особенно для предприятий машиностроительного профиля. Технико-технологическая составляющая отличается от производственной составляющей, характеризующей основные средства, так как в состав первой входят только те орудия и средства труда, которые непосредственно участвуют в производстве продукции. Сравнение данных показателей по годам, их анализ непосредственно дает возможность выявить тенденцию изменения, развития и эффективного использования той или иной составляющей. Для проведения такого анализа необходимо иметь данные в сопоставимом виде и поэтому предлагается использовать для оценки производственно-технологической составляющей рыночного потенциала промышленного предприятия только относительные показатели.

На основе предлагаемой структуры показателей нами была проведена оценка производственно-технологической составляющей рыночного потенциала на примере холдинга «Амкодор» за период 2010–2013 гг. Полученные данные свидетельствуют о том, что в 2011 г. показатели всех трех составляющих улучшились по сравнению с 2010 г., однако в дальнейшем в 2012 и 2013 гг. наблюдается ухудшение некоторых показателей, особенно материальной составляющей. Так, затраты на 1 р. товарной продукции составили 0,918 р. и увеличились к уровню 2011 г. на 15,33 %; среднегодовые остатки оборотных средств увеличились в 2012 г. на 69,81 %, что негативно сказалось на деятельности предприятия. По производственной составляющей необходимо отметить снижение фондоотдачи с 1,74 до 1,65, однако коэффициент ввода основных средств в 2012 г. превысил коэффициент выбытия (0,037) в 6,35 раз и составил 0,235. Показатели технико-технологической составляющей рыночного потенциала свидетельствуют об улучшении показателей в 2011 г. по сравнению с предшествующим годом, однако в 2012 г. наблюдается также ухудшение показателей.

На основе полученных данных можно сделать вывод, что предприятию следует обратить внимание на уменьшение величины затрат на незавершенное производство; по-прежнему необходимо проводить работы по дальнейшей оптимизации издержек производства, в первую очередь, за счет внедрения организационно-технических мероприятий, предусмотренных комплексным планом развития предприятия; более полно использовать как экстенсивно, так и интенсивно, имеющееся оборудование. Также в области улучшения использования внутренних ресурсов следует проводить мероприятия, касающиеся проведения технического перевооружения и обновления производственных мощностей.

#### Литература

1. Старовойтов, М. К. Особенности оценки потенциала промышленных предприятий / М. К. Старовойтов, П. А. Фомин // Антикризисное и внешнее упр. – 2006. – № 2. – С. 27–41.
2. Мансурова, Н. А. Вопросы оценки производственного потенциала фирмы / Н. А. Мансурова // Предпринимательство в переходной экономике : сб. науч. тр. / Твер. гос. ун-т. – Тверь. – 2006. – 70 с.

## ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

А. А. Яновский

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

Научный руководитель Л. М. Лапицкая

В современных условиях рыночной экономики деятельность любого предприятия должна быть направлена на систематическое и долгосрочное повышение его стоимости в интересах собственников, в противном случае организация со временем потеряет свою конкурентоспособность, привлекательность и в конечном итоге может обанкротиться, поэтому предприятию необходимо постоянное развитие.

Долгосрочный рост стоимости предприятия обеспечивают инвестиционные проекты, целью которых могут быть обновление имеющейся материально-технической базы, наращивание объема производственной деятельности, освоение новых видов деятельности и т. п. Другими словами, рыночная экономика предполагает осуществление предприятиями инвестиционной деятельности. Эффективная инвестиционная деятельность на предприятиях предполагает комплексное решение взаимосвязанных проблем – повышение эффективности текущей хозяйственной деятельности и повышение эффективности инвестиционно-финансовой деятельности.

При анализе структуры источников финансирования инвестиционной деятельности предприятий все источники делят на три основные группы:

- собственные;
- привлеченные;
- заемные.

При этом собственные средства предприятия выступают как внутренние, а привлеченные и заемные средства – как внешние источники финансирования инвестиций.

Собственные средства включают: чистую прибыль от финансово-хозяйственной деятельности предприятия; страховые возмещения убытков, вызванных потерей имущества; средства от продажи основных средств и нематериальных активов; иммобилизацию излишков оборотных средств и др. Эти источники выступают основой формируемых предприятием инвестиционных ресурсов. На практике лишь при их недостаточности предприятия прибегают к использованию привлеченных и заемных источников.

Мобилизация привлеченных средств позволяет существенно увеличить масштабы инвестиционной деятельности, а привлечение заемных средств – при определенных условиях дает возможность получить эффект финансового рычага.

Привлеченные средства предоставляются *на постоянной основе*, т. е. могут практически не возвращаться их владельцам, по ним может осуществляться выплата владельцам этих средств дохода.

Заемные средства представляют собой средства, используемые организацией, но не принадлежащие ей, полученные на основе принципов возвратности, срочности и платности с оформлением соответствующих договоров и соглашений (кредитных, лизинговых, факторинговых).

Указанные отличительные характеристики привлеченных и заемных средств определяют и различные способы их участия в формировании инвестируемого капитала предприятия. Так, привлеченные средства вместе с собственными источниками образуют собственный капитал предприятия. Заемные источники финансирования ин-

вестиционной деятельности, подлежащие возврату с уплатой процента в определенный срок, выступают как обязательства предприятия и образуют его заемный капитал [1].

Важную роль в нашей стране играют инновационные фонды, которые, по сути, основаны на *смешанной форме финансирования*. Инновационные фонды формируются за счет средств организаций и предприятий, осуществляющих инновационную деятельность, средств банков, страховых компаний и иных финансовых институтов. В создании и деятельности инновационных фондов могут принимать участие заинтересованные государственные органы и государственные высокобюджетные фонды. Основной целью инновационных фондов обычно является концентрация средств на приоритетных направлениях инновационной деятельности для финансовой поддержки перспективных инноваций. Как правило, инновационные фонды предоставляют прошедшим независимую экспертизу и конкурсный отбор инновационным проектам финансовые средства на возвратной или безвозвратной основе. Кроме этого, инновационные фонды часто выполняют функции поручителей и гарантов по обязательствам инновационных предприятий.

При финансировании инновационных проектов, реализация которых связана с высоким уровнем финансового риска и неопределенностью коммерческого результата, инновационные предприятия могут использовать различные формы кооперации, включая *венчурное финансирование*, а также заключение партнерских соглашений на всех стадиях разработки, освоения и внедрения инноваций.

Понятие «венчур» происходит от английского слова «venture», которое в экономическом контексте переводится как «рискованная затея, рискованное предприятие». Соответственно, под венчурным финансированием в инвестиционном менеджменте понимают вложение средств институциональными или индивидуальными инвесторами в реализацию проектов с высоким уровнем риска и неопределенностью результата в обмен на пакет акций или определенную долю в уставном капитале [2].

Как правило, объектами подобного финансирования являются новые, находящиеся на ранней стадии реализации или исследования наукоемкие и высокотехнологичные проекты, конструкторские разработки, изобретения или даже «голые» идеи, конечные результаты которых трудно прогнозировать.

Поскольку большинство таких проектов в начальный момент времени неликвидны и не имеют материального обеспечения, их инициаторам сложно получить средства на реализацию из традиционных источников. Принимая на себя высокие риски, венчурные инвесторы рассчитывают на получение адекватной доходности (на развитых рынках венчурные инвесторы ищут возможность получить прибыль в 3–5 раз выше, чем по безрисковым вложениям).

Существует два основных типа источников подобного финансирования:

- венчурные инвестиционные фонды (venturingfund), осуществляющие высокие вложения в проекты фирм и отдельных предпринимателей;
- индивидуальные инвесторы или бизнес-ангелы (business angel), т. е. физические лица, которые достигли определенного уровня благосостояния и способны вкладывать личные средства в проекты с высоким потенциалом роста.

Таким образом, эффективная деятельность организаций в долгосрочной перспективе, обеспечение высоких темпов их развития и повышения конкурентоспособности в значительной мере определяются уровнем их инвестиционной активности и масштабами инвестиционной деятельности. От того, насколько правильно и точно руководство фирмы сможет определить источники финансирования их инвестиционной деятельности, выбрать подходящую форму финансирования инвестиционной деятельности, будет зависеть эффективность деятельности организации в дол-

госрочном периоде. Формы источников неизбежно отражаются на характере управления организацией, связанной с ликвидностью и рентабельностью. А соотношение собственных и заемных источников во многом определяет отношения с субъектами экономических отношений, в которые вступает организация в процессе своей деятельности.

**Литература**

1. Бланк, И. А. Основы финансового менеджмента : учебник : в 2 т. Т. 1 / И. А. Бланк. – Киев : Ника-центр, 2001. – Режим доступа: [http://www.deyatele.narod.ru/page/#\\_ftn1](http://www.deyatele.narod.ru/page/#_ftn1).
2. Рогова, Е. М. Венчурный менеджмент : учеб. пособие / Е. М. Рогова, Е. А. Ткаченко, Э. А. Фияксель. – М., 2011. – 500 с.

**ПРИБЫЛЬ И РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ КАК ФАКТОРЫ УКРЕПЛЕНИЯ  
ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ**

**Ю. Ю. Лосева**

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

Научный руководитель Я. П. Хило

Под финансовым состоянием понимается способность субъекта хозяйствования бесперебойно финансировать свою деятельность. Оно характеризуется обеспеченностью финансовыми ресурсами, необходимыми для нормального функционирования организации, целесообразностью их размещения и эффективностью использования, финансовыми взаимоотношениями с другими юридическими и физическими лицами, платежеспособностью и финансовой устойчивостью [1, с. 136].

Финансовое положение субъекта хозяйствования зависит от результатов его хозяйственной и иных видов деятельности. Финансовое состояние организации может быть устойчивым, неустойчивым и кризисным. Любой субъект хозяйствования в процессе своей деятельности стремится к устойчивому финансовому состоянию. Для обеспечения устойчивого финансового положения необходимо стремиться к улучшению финансовых результатов деятельности организации. Прибыль и рентабельность – два взаимодополняющих показателя, которые комплексно оценивают финансовое состояние организации.

Показатели финансовых результатов характеризуют абсолютную эффективность хозяйствования организации. Важнейшими из них являются показатели прибыли, которые в условиях рыночной экономики составляют основу экономического развития организации, характеризуют степень его деловой активности и финансового благополучия. Рост прибыли создает финансовую базу для самофинансирования, расширенного производства, решение проблем социальных и материальных потребностей трудового коллектива. За счет прибыли выполняются также часть обязательств организации перед бюджетом, банками и другими организациями. По прибыли определяются доля доходов учредителей и собственников, размеры дивидендов и других доходов. Прибыль используется также для расчета рентабельности собственных и заемных средств, основных средств, всего авансированного капитала и каждой акции. Однако прибыль является не только основной целью деятельности любой коммерческой организации, но и важнейшей экономической категорией [2, с. 370].

Как экономическая категория прибыль – это выраженный в денежной форме чистый доход предпринимателя на вложенный капитал, характеризующий его вознаграждение за риск осуществления предпринимательской деятельности, представляющий собой разность между полученными совокупным доходом и совершенными совокупными затратами в процессе этой деятельности [3, с. 159].

Существенное влияние на финансовое состояние субъекта хозяйствования оказывает процесс распределения прибыли. Механизм распределения прибыли должен быть построен таким образом, чтобы всемерно способствовать повышению эффективности производства, стимулировать развитие новых форм хозяйствования. Одной из важнейших проблем распределения прибыли является оптимальное соотношение доли прибыли, аккумулируемой в доходах бюджета и остающейся в распоряжении хозяйствующих субъектов; экономически обоснованная система распределения прибыли должна гарантировать выполнение финансовых обязательств перед государством и максимально обеспечить производственные, материальные и социальные нужды организации [4, с. 321].

Помимо распределения прибыли влияние на финансовое состояние оказывает также и формирование прибыли. На формирование общей прибыли оказывают влияние многие факторы. Их можно классифицировать на внешние и внутренние [7, с. 160].

К внешним факторам относятся: социально-экономические условия, природные условия, цены на материально-энергетические ресурсы и тарифы на транспортные перевозки, уровень развития внешнеэкономических связей и т. д.

К внутренним факторам относятся изменения: прибыли от продаж; структуры реализованной продукции; себестоимости продукции; уровня цен на нее; операционных и внереализационных доходов и расходов.

Одними из важнейших этапов при формировании прибыли являются ее прогнозирование и планирование.

Для повышения обоснованности плана прибыли, своевременной корректировки производственной, инвестиционной, инновационной и финансовой политики организации большое значение имеет прогнозирование прибыли. Основа его – прогнозирование спроса, цен, технико-экономических характеристик оборудования. При этом особое внимание уделяется факторам, в наибольшей мере влияющим на размеры прибыли [8, с. 69].

В условиях стабильной развивающейся экономики планирование прибыли осуществляется на период от трех до пяти лет. При относительно стабильных ценах и прогнозируемых условиях хозяйствования распространено текущее планирование в рамках одного года. При нестабильной экономической и политической ситуации планирование возможно на кратковременный период – квартал, полугодие.

Результаты производственно-хозяйственной и финансовой деятельности предприятия будут высокими, если предприятие разработало качественный план по прибыли и обеспечило его выполнение.

В каждой организации должны предусматриваться плановые мероприятия по увеличению прибыли.

В общем плане эти мероприятия могут быть следующего характера [5]:

- увеличение выпуска продукции;
- улучшение качества продукции;
- продажа излишнего оборудования и другого имущества или сдача его в аренду;
- снижение себестоимости продукции за счет более рационального использования материальных ресурсов, производственных мощностей и площадей, рабочей силы и рабочего времени;
- диверсификация производства;
- рациональное расходование экономических ресурсов;
- снижение затрат на производство;
- повышение производительности труда;
- ликвидация непроизводительных расходов и потерь;



– повышение технического уровня производства.

Для более комплексной оценки финансового состояния организации применяется показатель доли прибыли в текущих затратах, т. е. рентабельность.

Рентабельность – это относительный показатель эффективности производства, характеризующий уровень отдачи затрат и степень использования ресурсов, выраженный в процентах. В основе построения коэффициентов рентабельности лежит отношение прибыли (чаще всего в расчет показателей рентабельности включают чистую прибыль) или к затраченным средствам, или к выручке от реализации, или к активам организации. Таким образом, коэффициенты рентабельности показывают степень эффективности деятельности компании.

Рентабельность организаций характеризуется целой системой показателей. Независимо от того, сколько и какие именно показатели выражают рентабельность, все они отражают отношение эффективности осуществления затрат и использования ресурсов. Рентабельная работа субъекта хозяйствования приобретает особую значимость в условиях рыночной экономики.

На рентабельность оказывают влияние факторы, определяющие направления развития хозяйственного механизма в целом. При анализе путей повышения рентабельности важно разделять влияние внешних и внутренних факторов. К ним можно отнести рост тарифов автоперевозки и процентных ставок за кредит, цен на товары народного потребления, платежи в бюджет. Ряд факторов непосредственно зависит от работников организации. Это совершенствование структуры управления и организационного построения; организация технологического процесса, рекламы; максимальное ускорение оборачиваемости оборотных средств; повышение доли собственных средств в оплате товаров; снижение себестоимости.

На практике большое значение имеет удовлетворение интересов как собственников, акционеров организации, так и ее администрации в получении достоверной информации о бухгалтерской отчетности и соблюдении учетной политики организации, а также в знании аналитической информации о финансово-хозяйственной деятельности с целью принятия наиболее верных управленческих решений.

В условиях рыночной экономики стремление к получению прибыли ориентирует товаропроизводителей на увеличение объема производства продукции, нужной потребителю, и снижение затрат на ее производство. При развитой конкуренции этим достигается не только цель предпринимательства, но и удовлетворение общественных потребностей. Для предпринимателя прибыль является сигналом, указывающим, где можно добиться наибольшего прироста стоимости, создает стимул для инвестирования в эти сферы. Свою роль играют и убытки: они высвечивают ошибки и просчеты в направлении средств, организации производства и сбыта продукции.

Основными резервами роста рентабельности являются [6, с. 35]:

- формирование ассортимента с учетом рентабельности;
- повышение эффективности взаимоотношений с контрагентами;
- использование возможностей рискованной деятельности;
- инновационная политика;
- оптимизация масштабов субъекта хозяйствования;
- использование возможностей конъюнктуры рынка.

В развитой рыночной экономике решающим стимулом предпринимательской деятельности является получение и увеличение положительного финансового результата, который характеризуется суммой полученной прибыли и уровнем рентабельности. Чем больше величина прибыли и выше уровень рентабельности, тем эффективнее функционирует субъект хозяйствования, тем устойчивее его финансовое

состояние. Поэтому поиск резервов увеличения прибыли и рентабельности является одной из важнейших задач в любой сфере бизнеса.

Л и т е р а т у р а

1. Грищенко, О. В. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия : учеб. пособие / О. В. Грищенко. – Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2000. – 130–136 с.
2. Шеремет, А. Д. Финансы предприятий: менеджмент и анализ : учеб. пособие / А. Д. Шеремет, А. Ф. Ионова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2009. – 365–380 с.
3. Селезнева, Н. Н. Финансовый анализ. Управление финансами : учеб. пособие для вузов / Н. Н. Селезнева, А. Ф. Ионова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2006. – 151–161 с.
4. Экономическая теория : учебник / под ред. Н. Г. Кузнецова. – М. : Ростов н/Д : МарТ, 2007. – 320–323 с.
5. Можейко, И. Увеличение прибыли предприятия / И. Можейко // Экономический анализ. – 2010. – Режим доступа: <http://www.grandars.ru/college/ekonomika-firmy/uvvelichenie-pribyli.html>. – Дата доступа: 31.03.15.
6. Чараева, М. В. / М. В. Чараева // Вестн. Перм. ун-та. Серия: Экономика. – 2012. – № 4. – С. 33–36.
7. Бочаров, В. В. Финансовый анализ / В. В. Бочарова. – СПб. : Питер, 2005. – 159–163 с.
8. Остапенко, В. В. Прибыль в промышленности: формирование и факторы роста / В. В. Остапенко, В. М. Мешков // Финансы. – 2002. – № 11. – С. 8–10.

**ИННОВАЦИОННАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ КАК СПОСОБНОСТЬ  
ОРГАНИЗАЦИИ ОСВАИВАТЬ И ПРИМЕНЯТЬ ИННОВАЦИИ**

**Я. В. Емельянченко**

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

Научный руководитель Л. М. Лапицкая

Сегодня, когда инновационность становится неотъемлемой чертой современного предприятия, нельзя говорить о возможности создания инноваций в стране, не заостряя внимания на инновационной восприимчивости отечественных организаций.

Поскольку в белорусских законодательных актах отсутствует устоявшееся определение термина «инновационная восприимчивость», то считаем целесообразным сформулировать свое определение данного понятия.

Под инновационной восприимчивостью будем понимать способность организации включать в свою структуру и деятельность (т. е. воспринимать) изменения, вызванные инновационным процессом. Данная формулировка не является единственно правильной. В экономической литературе достаточно часто приводятся и другие схожие определения. При этом анализ трактовок понятия «инновационная восприимчивость» в качестве объекта научного исследования позволяет выделить следующие характеристики:

- восприимчивость является комплексным показателем;
- восприимчивость как экономическая категория должна рассматриваться относительно конкретной сферы: в данном случае – относительно способности организации воспринимать новшества;
- восприимчивость характеризуется многонаправленностью, т. е. способностью реализовать нововведения в различных секторах – промышленности, сфере услуг, науке и др.

В современных реалиях белорусской экономики, когда одной из важнейших управленческих задач становится повышение инновативности организаций, или дру-

гими словами – их инновационной восприимчивости, нельзя игнорировать способность четко и адекватно реагировать на малейшие изменения на рынке путем выпуска новой или усовершенствования старой продукции, внедрения новых технологий и использования новейших маркетинговых стратегий. При этом одним из основных условий эффективности деятельности организации и ее инновативности является «эффективность» самого персонала.

Следовательно, важными компонентами, определяющими восприимчивость организации к инновациям, являются:

- психологические характеристики персонала;
- структурные характеристики организации;
- инновационный климат и др.

Часто проблемы, связанные с внедрением инноваций в организации, связаны с неадекватной реакцией людей на эти изменения. Изучая условия и особенности реализации нововведений в различных компаниях, приходим к выводу, что ни одна из инновационных стратегий не была внедрена без сопротивления со стороны субъектов инноваций. Часто несвоевременная и непродуманная реакция руководства компании на такой «саботаж» инноваций приводила к полному провалу инновационной политики и значительным ущербам. Причиной этому часто становится инертность и консерватизм, изначально присущие человеку. Поэтому залогом инновационной деятельности можно назвать грамотный менеджмент. При этом нужно отметить, что для эффективного руководителя – новатора и лидера должны быть характерны следующие черты: 1) энергичность; 2) желание руководить; 3) самоуверенность; 4) познавательная способность [1]. Использование механизмов соционики в решении проблем инновационного менеджмента дает в руки руководителя организации эффективный инструмент формирования команд, способных предложить (сформулировать) новую идею и успешно реализовать ее на практике.

В процессе внедрения инноваций очень часто приходится сталкиваться с сопротивлением как с внешней, так и с внутренней стороны. Внутреннее сопротивление вытекает из субъективизма руководства, консерватизма служащих, недостаточности информации и низкой коммуникативности между отдельными уровнями и подразделениями компаний. Поэтому нужно уделять особое внимание подготовке специалистов для осуществления инновационной деятельности предприятия. Сейчас уже осуществляется обучение по новым программам, есть курсы повышения квалификации. В правительстве активно обсуждается проблема развития сферы образования в области инноваций. Но важна не только мотивация сотрудников и их подготовка. Немаловажно также учитывать личностные особенности сотрудников и менеджеров, участвующих в инновациях. Здесь особое внимание может приобрести теория соционики, рассматривающая человека с позиции социотипа. Вопрос лишь в том, какими именно преимуществами обладает данный социотип и в каких профессиональных областях лучше всего их реализует. Каждому типу интеллекта соответствует определенный тип задач, с которыми он лучше всего справляется. С этой точки зрения необходимо правильно определить, на каком этапе инновационного процесса следует подключать каждого конкретного человека.

Российские ученые предлагают проводить оценку инновационной восприимчивости организации по трем выделенным и независимым направлениям с разным весомым участием: потребительская готовность, научные исследования и производство инновационной продукции (рис. 1).

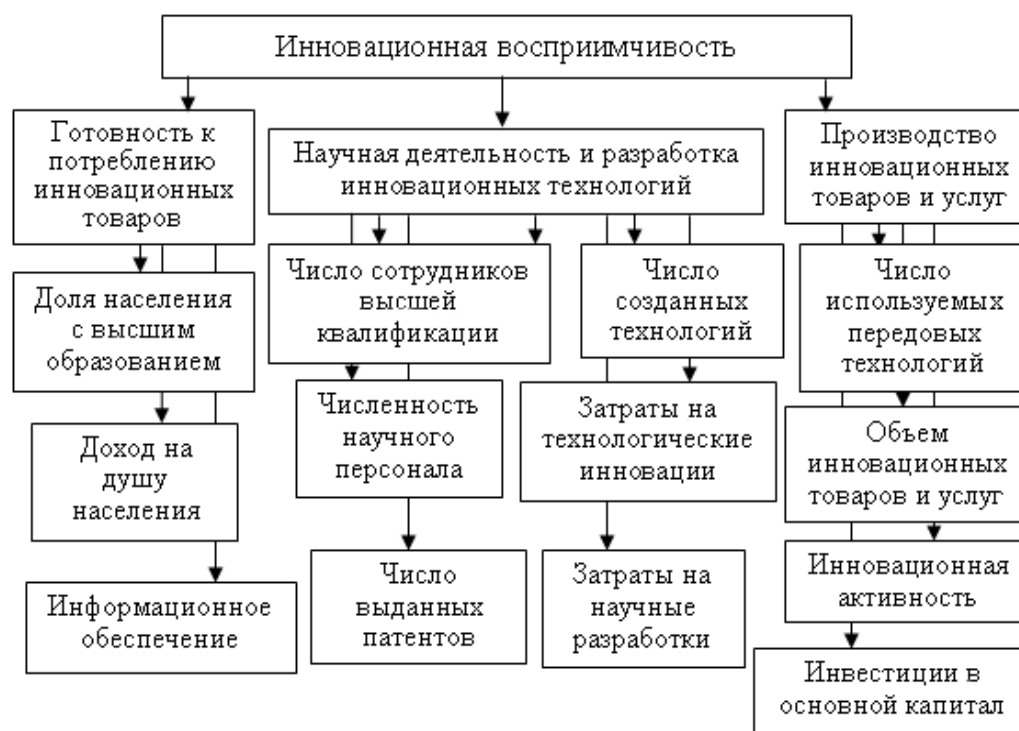


Рис. 1. Факторы, определяющие уровень инновационной восприимчивости экономических подсистем

Источник: [2].

Таким образом, организация является восприимчивой к инновациям, если имеет определенный инновационный потенциал, который ведет к росту инновационной активности предприятия.

На наш взгляд, оценивать инновационную восприимчивость организации без оценки восприимчивости ее персонала к нововведениям, по крайней мере, глупо. Именно персонал организации находится в центре внимания по той причине, что первоисточником всех изменений является человек, действующий в соответствии со своими личными принципами и экономическими интересами, а уже, в свою очередь, новые технологии и порождаемые ими инновации затрагивают многие сферы повседневной жизни людей. Готовность граждан воспринимать новые инновационные решения оказывает ключевое воздействие на их распространение и, напротив, слабая ориентация на будущее, недостаточная открытость общества для новых технологий являются еще одними причинами низкой результативности инновационной деятельности.

В этом плане интересен пример компании Херох. Первоначально компания называлась Haloid и была основана в Рочестере, где и получила свою известность, но не благодаря инновациям, а в силу удачного приобретения патента на ксерографию, придуманную Честером Карлсоном в 1947–1948 гг. Четко спланированная маркетинговая стратегия и умелое руководство позволили фирме занять значительную рыночную нишу и окончательно утвердить свое имя на рынке (в 1958 г. – Haloid-Херох, в 1961 г. – Херох). Очевидно, что окончательное название компании как нельзя лучше отражает технологическую направленность в деятельности фирмы. Первостепенная роль технологий и возможностей фирмы в области производства копировальной техники, установление жесткого протекционистского административного контроля и консервативной внутренней культуры привели в результате к невозможности завое-

вания рынка персональных компьютеров в начале 1970-х гг. Менеджеры среднего и низового звеньев оказались в бюрократических «тисках» и, не обладая практически никакими полномочиями, не смогли мотивировать служащих к использованию творческого потенциала для разработки и внедрения новой стратегии диверсификации. Таким образом, шанс воспользоваться техническим первенством был упущен вследствие явного сопротивления инновациям со стороны всех фирменных субъектов. Достигнутый компанией ежегодный рост в 15 % на рынке копировальной техники стал причиной установления особого контроля в области разработки и производства данной продукции, создав «систему главенства единого продукта». По тем же самым причинам Xerox отказалась впоследствии от выпуска процессоров, компьютерных периферий, когда лидерство досталось IBM и Apple.

Поэтому важным условием для обеспечения устойчивого развития предприятия является его восприимчивость к инновациям, отражающая способность предприятия реализовать и применять новации. Переосмысление инновационной восприимчивости персонала должно быть использовано на предприятиях различных отраслей Республики Беларусь с целью увеличения конкурентоспособности бизнеса.

#### Литература

1. Манжинов, Н. П. Социальные аспекты преодоления проблем внедрения инноваций в управленческой деятельности руководителя / Н. П. Манжинов // Пробелы в рос. законодательстве. – 2011. – № 3. – С. 253 – 255.
2. Милых, Ф. Г. Индикаторы уровня инновационной восприимчивости экономических систем / Ф. Г. Милых, Д. Е. Ковалевская // Упр. экон. системами. – Режим доступа: <http://www.uecs.ru/uecs48-482012/item/1880-2012-12-25-10-21-11>. – Дата доступа: 02.04.2015.

## **ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВОВЛЕЧЕНИЯ МОЛОДЕЖНОГО СООБЩЕСТВА В НАУЧНО-ИННОВАЦИОННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**

**Н. В. Турусова**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Брянский государственный  
технический университет», Россия*

Научный руководитель Е. Н. Скляр

Инновационную деятельность можно определить достаточно просто – это внесение в разнообразные виды человеческой деятельности новых элементов, которые повышают ее эффективность [1]. Инновационная активность – это социальная необходимость развития любого современного общества в XXI в. Только на основе активной инновационной деятельности можно преодолевать постоянно возникающие социальные конфликты между растущими потребностями человека и ограниченными ресурсами их удовлетворения. Согласно Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 г. [2], уровень инновационной активности российской экономики должен увеличиться за 10 лет в пять раз, а ее экспортный потенциал – в десять раз. Инновационная деятельность характеризуется стремлением удовлетворить новые общественные потребности и зависит от наличия людей, способных к такой деятельности [3]. В мире есть немало людей, обладающих творческим потенциалом, из 100 человек не проявляют вообще или проявляют в очень малой степени творческую активность не более трети. Но не каждый обладающий творческой потенцией способен стать инноватором [4].

В этой связи важнейшим направлением инновационного развития страны является стимулирование инновационной творческой активности молодежи, в первую очередь – студенческой. В последние десятилетия произошли серьезные изменения в вузах. Кроме своих двух основных функций – образовательной и исследовательской добавилась еще и предпринимательская [5]. И задача вузов заключается в том, чтобы дать студентам качественное образование, сделать их конкурентоспособными на рынке труда, создать систему непрерывного инновационного образования, оказать всемерную поддержку ученым вуза, участвующим в научных проектах и программах различного уровня; кроме того, реализовать вузовские научно-технические программы, обеспечивающие мотивацию научной деятельности сотрудников, привлечение в науку талантливой молодежи. Предприятиям, организациям сегодня нужны квалифицированные молодые кадры, обладающие оригинальным подходом к решению инновационных задач.

Инновационная деятельность в вузе – это не только возможность привлечения дополнительных средств, но и важнейшая самостоятельная задача высшей школы, необходимая составляющая качественного учебного процесса. Из вузов должны выходить инновационные менеджеры, специалисты высокого уровня и инженеры. Для этого в вузе необходимо создавать предпосылки для привлечения и поддержки активных преподавателей и студентов, и здесь нужны талант, опыт и компетенция руководителей, инфраструктура и соответствующие условия [2]. У инноватора, во-первых, должна быть инновационная команда, а во-вторых, необходимый инновационный потенциал, который характеризуется как комплекс различных ресурсов (интеллектуальных, материальных, финансовых, кадровых, инфраструктурных и др.). Инновационная команда – это группа студенческой молодежи, которая создает новые идеи, критически их оценивает, развивает, генерирует, реализует на практике.

Инновационный потенциал – это способность творческой личности продвигать инновации, его желание, настойчивость, убеждение. От способности творческой личности, ее активности, количества и синергетического взаимодействия творческих личностей, способных находить в себе силы, возможности и желания ставить и решать серьезные задачи в условиях развития общества, зависит будущее России. Следует подчеркнуть, что наличие инновационного потенциала (как внутренней среды инноваций) является необходимым условием для эффективной коммерциализации результатов научно-технической деятельности и реализации инновационных стратегий.

Необходим поиск новых форм развития инновационной инфраструктуры как элемента инновационной деятельности. А для эффективного использования создаваемой инфраструктуры необходима целенаправленная подготовка подрастающего поколения к инновационной деятельности, а также разработка механизма вовлечения студенческой молодежи в инновационную деятельность. Этот механизм должен включать, прежде всего, разработанный план, который предусматривает реализацию следующих направлений:

- вовлечение студенческой молодежи в инновационную деятельность;
- адаптацию студенческой молодежи в компании;
- совершенствование условий для развития профессиональных компетенций и карьерного продвижения студенческой молодежи;
- развитие международного молодежного сотрудничества.

Существует много различных возможностей для творческого и научного развития потенциала студенческой молодежи, коммерциализации их бизнес-идей. Например, поддержку малому инновационному предпринимательству оказывает Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. Существует программа «УМНИК», целью которой является:

1. Государственная поддержка молодых ученых, стремящихся самореализоваться через инновационную деятельность, и стимулирование массового участия молодежи в научно-технической и инновационной деятельности.

2. Проведение молодыми учеными и специалистами научно-исследовательских работ с целью внедрения их результатов в хозяйственный оборот.

3. Подготовка молодых ученых и специалистов к созданию малых инновационных предприятий, необходимых для реализации результатов научных разработок.

Участниками этой программы являются студенты, аспиранты высших учебных заведений, молодые ученые (в возрасте до 28 лет) академических и отраслевых научно-исследовательских институтов. Объем финансирования по каждому контракту составляет 400000 р. в год.

Научные направления программы «УМНИК»:

- информационные технологии;
- медицина будущего;
- современные материалы и технология их создания;
- новые приборы и аппаратные комплексы, биотехнологии.

Данная программа реализуется в Брянском государственном техническом университете с 2009 г. Но главная и основная цель – вовлечение молодежного сообщества региона в инновационный процесс. Для достижения поставленной цели в БГТУ реализуется следующее:

– публикация в печати и распространение через электронные средства массовой информации объявления о проведении конкурсов по отбору проектов и об итогах состоявшихся конкурсов;

– на базе БГТУ – проведение открытых семинаров, посвященных оформлению заявки и презентации для участия в конкурсном отборе проектов по программе «УМНИК».

– издание бюллетеней, содержащих информацию о наиболее значимых проектах, реализованных участниками по программе «УМНИК», и распространение их среди заинтересованных органов государственной власти и ведущих государственных научных организаций.

Победители конкурса получают возможность сделать первый шаг в реализации своих идей, а в дальнейшем открыть свое малое предприятие.

Начиная с 2009 г., в Брянской области проводятся регулярные мероприятия по программе «УМНИК» Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. За весь период организации конкурса было заслушано более 300 инновационных проектов, из них 123 проекта выиграли грант.

С приходом Фонда в Брянскую область в регионе появился мощнейший инструмент для создания и развития бизнеса, основанного на технических новациях. В регионе было реализовано более 120 инновационных проектов в рамках программы «УМНИК», создано более 50 рабочих мест, косвенно получил поддержку целый спектр научных направлений, в результате чего было подготовлено и защищено более 25 кандидатских и 1 докторская диссертация, подано 17 заявок и получено 13 патентов. Молодежное сообщество в значительной мере активизировало научно-исследовательскую деятельность в вузах и на всероссийских конкурсных мероприятиях.

Система вовлечения молодежного сообщества региона в инновационный процесс включает в себя несколько составляющих:

– систему оповещения вузов и молодых предпринимателей о научных мероприятиях (каналы оповещения: профильные департаменты Правительства Брянской области, СМИ, изготовление и распространение печатных изданий, видеоматериалов);

– мероприятия вовлечения: бизнес-игры, круглые столы, конкурсы студенческих проектов, межвузовские семинары, диспуты;

– система мотивации инженерного творчества, бизнес проектирования в научно-технической сфере в вузах.

Поездки на международные, межрегиональные и всероссийские слеты, конференции, фестивали, семинары способствуют осознанному выбору дальнейшей профессиональной деятельности, а в будущем – наиболее эффективному включению инновационной продукции и технологий в процесс модернизации отечественной промышленности.

#### Л и т е р а т у р а

1. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года : утв. Распоряжением Правительства Рос. Федерации от 8 дек. 2011 г. № 2227-р. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70006124/>.
2. Коновалов, В. М. Инновационная сага. Попытка перезагрузки / В. М. Коновалов. – М. : Инно Центр.Ру, 2013. – 303 с.
3. Инновационная стратегия регионального университета: цели, проблемы, механизмы достижения / Г. И. Лазарев [и др.] // Упр. экон. системами. – 2012. – № 48. – Режим доступа: <http://www.uecs.ru/marketing/item/1782-2012-12-11-07-59-05>.
4. Кузнецова, В. П. Проблемы инвентаризации и оценки интеллектуальной собственности в образовательном учреждении / В. П. Кузнецова, Е. А. Тропинова // Науч.-техн. ведомости С.-Петерб. гос. политехн. ун-та. Экон. науки. – 2013. – № 5 (180). – С. 120–124.
5. Максимов, Н. Н. Основные задачи компании, направленные на развитие инновационной деятельности среди молодежи / Н. Н. Максимов // Молодой ученый. – 2013. – № 11. – С. 383–386. – Режим доступа: <http://www.moluch.ru/archive/58/8134/>.

### **ФАЛЬШИВОМОНЕТНИЧЕСТВО В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ**

**К. М. Кулыев**

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

Научный руководитель М. Н. Андриянчикова

Фальшивомонетничество является одним из наиболее опасных преступлений, дестабилизирующих денежно-кредитную систему государства, поскольку наносит ущерб экономическим связям как внутри страны, так и во внешнеэкономической деятельности.

Подделка платежных средств восходит к эпохе, когда в обращении еще не было денежных знаков, а в их качестве выступали немонетизированные (не оформленные в виде монет) куски золота и серебра, орудия и продукты труда.

В 1929 г. в Женеве была заключена Международная конвенция по борьбе с подделкой денежных знаков и подписан Протокол к ней. В ее составлении приняли участие 26 стран, в том числе СССР.

Выработанные Женевской конвенцией универсальные правила оказали значительное влияние на развитие международного сотрудничества в борьбе с фальшивомонетничеством, реально угрожающим экономической безопасности европейских государств.

Тенденция распространения фальшивомонетничества представляет реальную угрозу для экономической безопасности государств. Создание эффективной системы противодействия этому социальному злу, все более приобретающему глобальные масштабы, – первостепенная задача для всех стран. Особую значимость она представляет для Республики Беларусь в силу ее географического положения. За последнее



время количество изъятых из обращения поддельных денежных банкнот на территории нашего государства возросло в 2,5 раза. На криминалистическом учете в МВД Республики Беларусь состоит более 40 тыс. фальшивых денежных знаков различных стран мира, при этом их значительная доля (около 60 %) приходится на доллары США.

Необходимо помнить: что ст. 221 Уголовного кодекса Республики Беларусь (УК), предусматривает ответственность за изготовление или хранение с целью сбыта, либо сбыт поддельной официальной денежной единицы Республики Беларусь (национальной валюты); государственных или иных ценных бумаг, номинированных в национальной валюте; иностранной валюты или ценных бумаг, номинированных в иностранной валюте; относит данный вид преступления уже не к категории государственных, а к преступлениям против порядка осуществления экономической деятельности и влечет наказание в виде ограничения свободы от 2 до 5 лет или лишения свободы на срок от 2 до 7 лет с конфискацией имущества или без конфискации.

Часть вторая данной статьи за те же действия, совершенные повторно, либо организованной группой, либо в особо крупном размере предусматривает наказание в виде лишения свободы от 5 до 15 лет с конфискацией имущества.

Данное преступление выражается в совершении одного из трех действий, являющихся альтернативными: изготовление, хранение или сбыт поддельных денег или ценных бумаг. Выполнения хотя бы одного из них достаточно для привлечения виновного к уголовной ответственности.

В примечании к гл. 25 УК Республики Беларусь отмечается, что особо крупным признается размер в сумме, которая в тысячу и более раз превышает размер минимальной заработной платы, установленной на день совершения преступления.

Анализ законодательной нормы позволяет считать, что фальшивомонетничество выражается, как уже отмечалось выше, с учетом анализа криминалистической структуры рассматриваемого преступления в совершении одного из трех действий, являющихся альтернативными: изготовлении, хранении или сбыте поддельных денег или ценных бумаг, и выполнения хотя бы одного из них достаточно для привлечения виновного к уголовной ответственности по ст. 221 УК Республики Беларусь. В качестве предмета преступления выступают поддельные деньги или ценные бумаги:

– официальная денежная единица (национальная валюта) Республики Беларусь – белорусский рубль, который эмитируется Национальным банком Республики Беларусь и в соответствии со ст. 141 Гражданского кодекса «является законным платежным средством, обязательным к приему по нарицательной стоимости на всей территории Республики Беларусь». В настоящее время национальная валюта представлена в виде денежных знаков, именуемых расчетными билетами Национального банка;

– иностранная валюта – денежные знаки, эмитируемые государственными учреждениями иностранных государств независимо от того, является валюта конвертируемой или неконвертируемой. Это банкноты, казначейские билеты и монеты, находящиеся в обращении и являющиеся законным платежным средством в соответствующем иностранном государстве или группе государств;

– государственная или иная ценная бумага, номинированная в национальной валюте.

Если в Беларуси до 1991 г. регистрировались единичные факты изъятия поддельных купюр, то в 1993 г. изъятых фальшивок насчитывалось уже 955, в 1994 – 1784, в 2001 – 2324, в 2002 – 2456, в 2003 – 2761, в 2004 – 2844, в 2005 – 2820, за 8 месяцев 2006 г. – 1399 фактов. С начала 2013 г. правоохранительные органы выявили 754 случая использования фальшивых банкнот, за весь прошлый год таких случаев было 1067, а в 2011 – 1121 случай. Надо отметить, что 2014 г. выявили 1062 случая использования фальши-

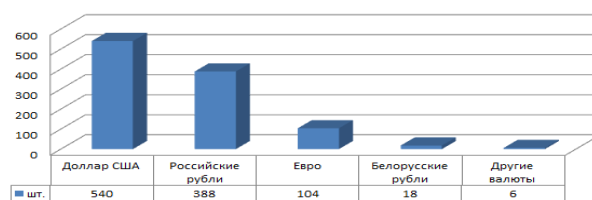
вых банкнот. Из табл. 1 видно, что наибольшее количество поддельных денежных знаков в 2014 г. выявлено в Минске [1].

Таблица 1

**Распределение выявленных поддельных денежных знаков  
по областям и г. Минску, шт. в 2014 г.**

Наименование региона	Количество выявленных поддельных денежных знаков, шт.
г. Минск	500
Брестская область	103
Витебская область	102
Гомельская область	122
Гродненская область	80
Минская область	48
Могилевская область	107

*Примечание.* Источник: [1].



*Рис. 1.* Распределение выявленных поддельных денежных знаков по видам валют в 2014 г.

*Источник:* [1].

Таким образом, из рис. 1 можно сделать вывод о том, что преступники подделывают доллары, евро и российские рубли, им неинтересно подделывать белорусские рубли.

Беларусь из-за своего географического положения является транзитной страной для перемещения потока фальшивых денег между странами Западной Европы и Россией, а для курьеров – одной из зон для сбыта. Наибольшее количество подделок ввезено к нам из России (77 %), Украины (6,7), Польши (4,4), Прибалтики (3,6), стран Европы (2,8 %). Всего – из 26 стран мира [2]. Однако, помимо территориального расположения, есть еще ряд факторов, способствующих фальшивомонетничеству в Беларуси, таких, как:

- свободная миграция населения, в том числе и в дальнее зарубежье;
- рост денежной массы, находящейся в наличном обращении;
- развитие технического процесса и доступность к копировально-множительной технике широких масс населения;
- повышение профессионализма фальшивомонетчиков и качества подделки;
- недостаточная осведомленность большинства граждан, в том числе и лиц, осуществляющих прием наличности, об отличительных признаках поддельных денег и своих действиях при их обнаружении.

Фальшивомонетчики подделывают 50- и 100-долларовые купюры, 100 и 200 евро, 5000 и 1000 рублей Центробанка Российской Федерации, 100- и 200-тысячерублевые купюры Национального банка Республики Беларусь.

В подавляющем числе случаев (80 %) фальшивые купюры обнаруживаются в руках добропорядочных граждан, которые, сами того не зная, распространяют фальшивки, получив их, в свою очередь, от других лиц в качестве заработной платы, оплаты за товар и пр.

Подводя итог изложенному, мы приходим к выводу, что с таким преступным деянием, как фальшивомонетничество в Республике Беларусь ведется серьезная работа, в том числе предупредительная. Вместе с тем, на наш взгляд, целесообразно усилить работу по следующим направлениям:

1) организовать системную просветительскую работу с несовершеннолетними, которые чаще всего становятся субъектом таких преступлений;

2) следует поддержать инициативу Национального банка Республики Беларусь и активно содействовать формированию финансовой грамотности населения посредством обучения на специальных курсах, включения соответствующих тем в правовые и экономические курсы учреждений образования, распространения необходимой информации в доступной популярной форме и др.

#### Литература

1. Национальный банк Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.nbrb.by>. – Дата доступа: 25.02.2015.
2. Бобруйский городской исполнительный комитет. – Режим доступа: <http://www.bobruisk.by>. – Дата доступа: 25.02.2015.
3. Министерство внутренних дел Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.mvd.gov.by>. – Дата доступа: 25.02.2015.
4. Уголовный кодекс Республики Беларусь : Кодекс Респ. Беларусь от 9 июля 1999 г. // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 1999. – № 76. – 2/50.
5. Гражданский кодекс Республики Беларусь : Кодекс Респ. Беларусь от 7 дек. 1998 г. // Вед. Нац. сходу Рэсп. Беларусь. – 1999. – № 7/9. – Ст. 101.

## **БЕЛАРУСЬ – ТУРКМЕНИСТАН: ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТРАН-ПАРТНЕРОВ**

**А. А. Бахтурова**

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

Научный руководитель М. В. Голуб

Инвестирование имеет немаловажное значение в современной экономике государств, оно играет значительную роль в поддержании, функционировании и динамическом развитии экономики страны. Изменения, происходящие в количественном соотношении инвестиций, воздействуют на изменения объема общественного производства, занятости населения, структурных экономических показателей и динамики развития различных отраслей народного хозяйства.

Рассмотрим показатели развития инвестиционной деятельности Республики Беларусь за последние годы. Беларусь – это страна, имеющая благоприятное географическое расположение, ведь она находится на пересечении железнодорожных и автомобильных магистралей, систем нефте- и газопроводов, систем связи между Западной Европой и регионами России, азиатскими странами. В силу этого Беларусь является своего рода плацдармом для зарубежных инвесторов в плане освоения новых перспективных рынков стран СНГ.

За последние годы Республика Беларусь заключила большое количество соглашений и контрактов по реализации инвестиционных проектов, (например, проекты по выпуску химических волокон). Также в Беларуси реализуются программы развития наиболее перспективных видов туризма (сельского, экологического, охотничьего, транзитного); создается туристская инфраструктура в исторических городах с культурным наследием; проект по повышению эффективности агропромышленного комплекса в целях увеличения экспортных поставок. Были привлечены инвестиции в целях освоения производства светодиодной техники, медицинского оборудования, точного машиностроения, приборостроения, микроэлектроники. Сокращены административные барьеры для привлечения иностранных инвестиций. Следует отметить достаточно высокий уровень образования в стране и высокое качество образовательной системы, что дает возможность привлекать большое количество иностранной валюты, в основном из стран СНГ. В числе стран, использующих Беларусь как центр получения высшего образования, на первом месте стоит Туркменистан.

За последние пять лет наблюдается повышение доли инвестиций в основной капитал (до 37,5 %). Сравнивая с предшествующими периодами, это достаточно высокий показатель, указывающий на стабильное развитие государства в целом. Иностранные инвесторы в 2014 г. вложили в реальный сектор экономики Беларуси (кроме банков) инвестиции на сумму 15,1 млрд долл. США, что на 0,7 % больше, чем в 2013 г. Основными инвесторами организаций Беларуси были субъекты хозяйствования России (41,6 % от всех поступивших инвестиций), Соединенного Королевства (18,6), Нидерландов (13), Кипра (6,2), Австрии (3,5), Германии (2,5 %). Наибольшие суммы были вложены в организации Минска (74 %). На Минскую область пришлось 7 % валового поступления иностранных инвестиций, Витебскую – 6,8, Гомельскую – 5,9 %. Валовое поступление прямых иностранных инвестиций составило 10,2 млрд долл. США, или 67,4 % от всех поступивших инвестиций, что на 914,6 млн долл. США больше, чем в 2013 г. Основной формой привлечения прямых инвестиций были долговые инструменты (82,1 % от общего объема). Задолженность за товары, работы, услуги в объеме валового поступления прямых иностранных инвестиций за 2014 г. уменьшилась по сравнению с 2013 г. на 6,3 %.

От резидентов России поступило 50,3 % прямых иностранных инвестиций с учетом задолженности за товары, работы, услуги от общего объема прямых инвестиций, от резидентов Соединенного Королевства – 23,8 %, Кипра – 7, Германии – 3,6 %. Прочие иностранные инвестиции составили 32,5 % от всего валового поступления. По сравнению с 2013 г. поступление прочих иностранных инвестиций увеличилось на 26,5 %.

Таким образом, важнейшим направлением государственной экономической политики Республики Беларусь является создание благоприятного инвестиционного климата для привлечения и эффективного использования иностранных инвестиций. Беларусь предлагает потенциальным инвесторам такие свои основные преимущества, как выгодное географическое расположение в центре Европы, благоприятные природно-климатические условия, политическую и социальную стабильность, макроэкономическую стабилизацию, квалифицированные и относительно дешевые трудовые ресурсы, высокий научно-технический и промышленный потенциал, емкий внутренний рынок, законодательное и организационное обеспечение инвестиционного процесса. Также стоит отметить, что в последнее время в Беларуси многое сделано для улучшения инвестиционного климата, и правительство намерено продолжить работу по улучшению условий для ведения бизнеса в стране. Сегодня во многих отраслях белорусской экономики имеются хорошие возможности для меж-

дународных компаний, для инвестиций. Прогрессивные усилия по улучшению инвестиционного климата налицо. Иностранцы уже заметили Беларусь. Наиболее привлекательными отраслями являются финансовый сектор, логистика, строительство, нефтехимический комплекс и др. Сейчас необходимо начать реализацию системной маркетинговой политики. Причем привлекательность инвестиционного климата – задача не только правительства, это зависит и от каждого гражданина страны.

Беларусь должна использовать настоящий момент, чтобы привлечь их в экономику страны. Белорусское правительство заинтересовано в привлечении иностранных инвесторов для модернизации экономики. В стране стараются равномерно распределять поступающий капитал, хотя большинство прямых инвестиций всё же привлекается в столицу.

Белорусский инвестиционно-экономический форум имеет как стратегическое, так и конкретное значение для страны и ее инвесторов. Подобные мероприятия являются очень эффективными в плане рекламы страны и ее инвестиционной привлекательности. Кроме того, зарубежные инвесторы получают информацию от правительства Беларуси, какие действия проделаны для улучшения делового климата в стране. Это сигнал для бизнеса. Инвесторы также имеют возможность дать свои рекомендации Беларуси, как ей войти в число стран с хорошим инвестиционным климатом.

Туркменистан – страна, современный этап развития которой можно охарактеризовать как «эпоху Возрождения», активно реализует инвестиционные проекты и привлекает иностранные инвестиции. В 2014 г. они выросли по сравнению с 2013 г. на 38 % приблизительно до уровня 17,0 млрд долл. США. В структуре капитальных вложений в экономику, социальную сферу Туркменистана инвестиции государства занимают ведущее положение. На финансирование государственных национальных программ развития, инвестиций в строительство объектов социального назначения, а также текущих расходов социальной сферы в 2014 г. было направлено 76,5 % бюджетных средств.

Реализуемые государственные программы социально-экономического развития финансируются за счет доходов от экспорта газа, нефти и продуктов их переработки. В этой связи развитию этих отраслей уделяется первостепенное внимание, в них преимущественно направляются как внутренние государственные, так и частные иностранные инвестиции. При этом ставится стратегическая задача диверсифицировать, расширить географию трубопроводного экспорта газа как основного экспортного товара. Приоритетом экономической стратегии Туркменистана также является превращение страны в транзитный транспортный узел в Центральной Азии в направлении Север–Юг, обеспечивающем выход грузовых потоков из Северной Европы в Персидский залив, и Восток–Запад – для транзита грузов из Южной и Центральной Европы в страны Южной и Юго-Восточной Азии и Китая. С этой целью Туркменистан расширяет сотрудничество с основными зарубежными региональными партнерами в транспортной сфере – Ираном, Китаем, Турцией, Афганистаном и др.

Институты развития и инструменты поощрения и поддержки инновационной деятельности в стране пока только формируются. В 2012 г. была принята Государственная программа развития сферы науки в Туркменистане на 2012–2016 гг. Наряду с действующими Законом Туркменистана «О статусе научного работника», постановлениями Президента Туркменистана «О деятельности Академии наук Туркменистана», «О совершенствовании научной системы Туркменистана» обсуждается вопрос о подготовке проекта Закона Туркменистана «Об инновационной деятельности». В рамках развернувшейся дискуссии экономистов по инновационной стратегии в том числе рассматривалась целесообразность создания в стране следующих структур:

- национального инновационного фонда, призванного стимулировать венчурное финансирование инновационных проектов;
- инвестиционного фонда Туркменистана, основной целью которого должно стать оказание финансовой поддержки инициативам частного сектора в несырьевом сегменте экономики;
- лизинговых компаний для удовлетворения потребностей государственного и частного сектора в оборудовании, технике и технологиях;
- специальных экономических зон для реализации проектов индустриально-инновационного развития;
- технопарков, бизнес-инкубаторов.

На развитие научно-технического потенциала страны направляются целевые инвестиции. Создано Национальное космическое агентство при Президенте Туркменистана.

Также крупным инвестиционным проектом является туристическая зона «Аваза» на берегу Каспийского моря, включающая в себя высокоуровневые оздоровительные центры, пляжи, отели, рестораны. В 2015 г. основной поток инвестиций запланирован на улучшение и расширение туристической зоны.

Подводя итог, можно отметить, что Беларусь и Туркменистан являются странами, имеющими высокий потенциал развития в области инвестирования. Для повышения уровня интеграции экономик двух стран Беларуси имеет смысл инвестировать в туристические зоны Туркменистана, химическую и легкую промышленность. В свою очередь, Туркменистан заинтересован в научно-технических разработках Республики Беларусь в области микроэлектроники, медицинского и сельскохозяйственного оборудования, селекционного развития.

Целесообразной является организация совместного проекта по изучению и развитию новых возможностей, в основе которого может быть более тесное сотрудничество в сфере образования, в том числе и организация филиалов учреждений образования Республики Беларусь в Туркменистане.

## **ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА**

**М. А. Бельская, А. И. Галицкая**

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

Научный руководитель М. Н. Андриянчикова

В настоящее время интеграцию образования, науки и производства необходимо рассматривать как один из важнейших приоритетов, направленных на подготовку высококвалифицированных специалистов, соответствующих потребностям рынка труда в условиях развития инновационной экономики.

При этом эффективное взаимодействие университетов с отдельными работодателями и рынком труда в целом требует развития комплексного стратегического партнерства сторон, целью которого является объединение финансовых, кадровых, материально-технических и иных ресурсов для взаимовыгодного сотрудничества.

Для исследования степени взаимодействия высших учебных заведений с производственной сферой мы провели выборочное анкетирование студентов экономических специальностей высших учебных заведений г. Гомеля. Данные исследования распространяются на генеральную совокупность, которая включает всех студентов экономических специальностей г. Гомеля. Выборка строится таким образом, что у данных студентов одинаковые возможности быть отобранными. Выборочная совокупность

охватывает 50 респондентов. На базе данного исследования строим веса выборки и оцениваем степень взаимодействия предприятий и организаций с высшими учебными заведениями г. Гомеля.

Результаты исследования показали низкую степень совместной работы высших учебных заведений и предприятий (организаций) при подготовке студентов экономического направления: более 75 % респондентов указали на то, что предприятия неохотно делятся информацией по производственной деятельности; только 12 % опрошенных удовлетворены сотрудничеством (предприятия и организации дают необходимую информацию по деятельности, документы, объясняют производственные процессы); 73 % респондентов получают информацию с предприятий благодаря знакомым и родственникам; 20 % – берут информацию у старших курсов, а остальные 7 % – благодаря налаженной системе университета и предприятия.

В ходе проведения исследования взаимодействия производственной сферы с высшими учебными заведениями были выявлены следующие проблемы:

- низкая степень вовлечения предприятий и организаций в формирование учебных программ, в обучение и организацию практик, развитие профессиональных компетенций студентов, востребованных на рынке труда;
- низкий уровень проведения совместных научных исследований и разработок по различным инновационным направлениям;
- низкая степень заинтересованности производственной сферы в трудоустройстве выпускников;
- низкая степень финансирования целевой подготовки студентов;
- отсутствие дополнительных стипендий и грантов со стороны производственной сферы для студентов и преподавателей;
- отсутствие социальных и материальных условий для закрепления и адаптации молодых специалистов на предприятии.

Партнерство университетов с предприятиями представляет собой, с одной стороны, кадровое обеспечение деятельности предприятий с учетом выделенных перспективных направлений развития, а с другой стороны – выражается в особой форме бизнеса, когда объединяются ресурсы нескольких субъектов, в рамках выполнения научно-исследовательских проектов.

Таким образом, в современных условиях создание системы подготовки кадров для инновационных предприятий можно рассматривать в двух направлениях.

Первое направление – университет осуществляет образовательную деятельность в тесном сотрудничестве с предприятиями. При этом работодатель принимает активное участие в формировании профессиональных компетенций специалистов, совместно с предприятиями разрабатываются инновационные образовательные траектории развития студентов, системы профессиональной адаптации и наставничества выпускников.

Следует также отметить, что специфика данной траектории заключается в практическом наполнении учебного процесса, т. е. в организации учебного процесса на базе Центров коллективного пользования, внедрении проектного метода обучения в образовательный процесс, организации стажировок, практик студентов в компаниях, выполнении курсовых, дипломных работ по заказу компаний, проведении совместных корпоративных олимпиад и т. д. В настоящее время инновационная образовательная траектория используется в подготовке специалистов для ряда стратегических партнеров университета.

В отличие от индивидуальных учебных планов инновационные образовательные траектории выстраиваются не для отдельного студента, а для студенческой

группы (от 3–6 чел.), «помещая» их в формат командной работы. Это позволяет выпускнику получить не только фундаментальное образование, но и сформировать дополнительные профессиональные и общекультурные компетенции, адаптивность к инновациям, способность к творчеству, навыкам проектной работы.

Второе направление заключается в подготовке специалистов не только для конкретных компаний, но и способных самостоятельно организовать предприятие. Это – создание «новых работодателей». В реализации данного направления следует отметить значительную роль бизнес-инкубаторов, которые позволяют сформировать у студентов предпринимательские компетенции.

Таким образом, главным результатом деятельности университета исследовательского типа в области подготовки кадров является креативная личность, способная к саморазвитию, к творческому, исследовательскому подходу ко всем процессам и явлениям современности.

Интересной формой сотрудничества университетов и бизнеса с целью профориентации могло бы стать проведение корпоративных олимпиад для студентов и старшеклассников средних школ. С одной стороны, предприятия-заказчики содержательно наполняют олимпиады практическими заданиями и деловыми играми, моделирующими деятельность организации. С другой стороны, совместные «университет-бизнес» проекты формируют у старшеклассников сознательную мотивацию при выборе будущей профессии, основанную на желании работать в будущем на конкретном предприятии.

Все это позволяет обеспечить конкурентоспособность наших специалистов на рынке труда.

В условиях экономического кризиса необходимо отметить еще одну проблему – отсутствие ориентиров по количеству и структуре подготовки высококвалифицированных кадров. Попытка вузов самостоятельно прогнозировать потребность в специалистах и выстраивать на их основе планы подготовки специалистов приводит к сильным диспропорциям на рынке труда. Следовательно, возникает необходимость в проведении маркетинговых исследований совместно с работодателями, которые позволят учесть складывающиеся тенденции развития рынка труда.

Можно сформировать проект, в рамках которого был бы не только сформирован прогноз потребностей в специалистах, но и определены условия эффективного взаимодействия с ними.

Таким образом, можно отметить, что в настоящее время важно развивать взаимовыгодные проекты предприятий и университета, позволяющие «выращивать» персонал, участвуя в разработке инновационно-образовательных траекторий студентов.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**Д. В. Рощин, Ю. А. Сальников**

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

Научный руководитель К. А. Павлов

С усилением мирохозяйственных связей увеличился доступ на национальный рынок иностранных конкурентов и появилась потенциальная возможность отечественных машиностроительных предприятий улучшить свое положение на мировом рынке. Однако, с переходом на новые условия хозяйствования выяснилось, что про-



дукция многих отечественных предприятий – производителей машиностроительной продукции во многих случаях оказалась недостаточно конкурентоспособной на мировом рынке. Для того чтобы занять на рынке достойное место, следует повысить темпы развития предприятий и увеличить рентабельность за счет предложений только высокотехнологичной, наукоемкой и недорогой продукции, соответствующей международным стандартам качества [1].

В нынешних условиях, чтобы успешно конкурировать на мировом рынке, нужно поддерживать на должном уровне конкурентоспособность предприятия. И когда жизненно важные проблемы не получают на государственном уровне необходимого решения, вся ответственность за поиск возможностей и практическую реализацию задач повышения конкурентоспособности предприятий, обеспечения их экономической безопасности реализуется на микроуровне. Эти задачи должны решаться за счет мобилизации собственных ресурсов, развития и повышения качества внутрифирменного менеджмента. Только на основе этого можно организовывать деятельность, нацеливающую всех работников на обслуживание потребителей, запросы которых неуклонно возрастают [1].

Для того чтобы предприятие функционировало таким образом, необходимо исходя из общемировых тенденций развития корпоративного менеджмента развивать его деятельность, устраняя всяческие барьеры между такими функциями, как маркетинг, разработка и производство и между различными категориями работников. Развитие взаимосвязи предприятия с заказчиками и другими организациями должно быть подчинено одной цели – обеспечению требований потребителя и завоеванию рынка.

В нынешних условиях роль менеджмента должна заключаться не в контроле персонала, а в том, чтобы вдохновлять людей, придавать им новые силы. Растет роль повышения интеллектуального уровня трудовой деятельности, осознание необходимости обновления, осмысления возможностей развития предприятия, обеспечивающего адаптацию производства к изменениям во внешней и внутренней среде. Это требует непрерывного обучения персонала на различных уровнях иерархии и конкретных исполнителей работ. В связи с чем ежегодно затраты на эти мероприятия должны рассматриваться как средства повышения эффективности предприятия. Это тем более необходимо, что знания, получаемые персоналом в период обучения и переподготовки кадров, идеи, информационные ресурсы становятся важнейшими компонентами корпоративного менеджмента. Корпоративное предприятие должно быть самообучающейся организацией, т. е. способной обучаться на основе своего собственного опыта. Такой подход к организации деятельности предприятия создает условия для наращивания темпов изменений и стимулирования их эффективного развития и конкурентоспособности.

Для управления предприятием используется расширенный цикл управления, содержащий семь этапов (рис. 1). Для осуществления цикла управления, представленного на рис. 1, управляющая компания должна определить и согласовать с подчиненными предприятиями перечень, структуру и объем информации о функционировании [1].

Управляющая компания определяет политику корпорации в целом, а руководители предприятий направления деятельности своих предприятий в соответствии с общей политикой и интересами [1].

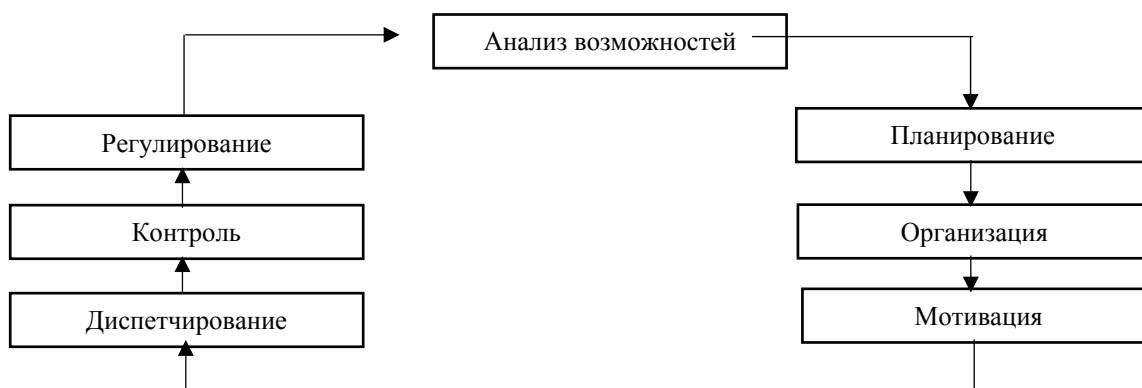


Рис. 1. Цикл управления предприятием

Сущность корпоративного управления состоит в реализации цикла корпоративного управления для достижения максимальной эффективности функционирования корпорации, которая является основным критерием корпоративного управления. Корпоративное управление носит преимущественно стратегический характер и нацелено на успешное функционирование компании во внешней среде (взаимодействие с органами власти, партнерами, потребителями и т. д.)

Для успешного руководства организацией и ее функционирования необходимо направлять ее и управлять систематически и прозрачным способом. Успех может быть достигнут в результате внедрения и поддержания в рабочем состоянии системы менеджмента качества, разработанной для постоянного улучшения деятельности с учетом потребностей всех заинтересованных сторон. Управление организацией включает менеджмент качества наряду с другими аспектами менеджмента. Восемь принципов менеджмента качества были определены для того, чтобы высшее руководство могло руководствоваться ими с целью улучшения деятельности организации [2]:

1. Ориентация на потребителя. Организации зависят от своих потребителей, и поэтому должны понимать их текущие и будущие потребности, выполнять их требования и стремиться превзойти их ожидания.

2. Лидерство руководителя. Руководители обеспечивают единство цели и направления деятельности организации. Им следует создавать и поддерживать внутреннюю среду, в которой работники могут быть полностью вовлечены в решение задач организации.

3. Вовлечение работников. Работники всех уровней составляют основу организации, и их полное вовлечение дает возможность организации с выгодой использовать их способности.

4. Процессный подход. Желаемый результат достигается эффективнее, когда деятельностью и соответствующими ресурсами управляют как процессом.

5. Системный подход к менеджменту. Выявление, понимание и менеджмент взаимосвязанных процессов как системы вносят вклад в результативность и эффективность организации при достижении ее целей.

6. Постоянное улучшение. Постоянное улучшение деятельности организации в целом следует рассматривать как ее неизменную цель.

7. Принятие решений, основанных на фактах. Эффективные решения основываются на анализе данных и информации.

8. Взаимовыгодные отношения с поставщиками. Организация и ее поставщики взаимозависимы, и отношения взаимной выгоды повышают способность обеих сторон создавать ценности.

Системы менеджмента качества (СМК) могут содействовать организациям в повышении удовлетворенности потребителей. Потребности и ожидания потребителей изменяются по причинам конкуренции, технического прогресса и др. Организации должны адекватно реагировать на это. Единственный инструмент – системный подход к менеджменту качества, предполагающий, что организация постоянно анализирует изменения требований потребителей, определяет процессы, способствующие созданию приемлемой для потребителя продукции, и поддерживает их в управляемых условиях. Таким образом, СМК создает уверенность руководства для решения этих задач [2].

Такой подход также применяется для поддержания в рабочем состоянии и улучшения имеющейся системы менеджмента качества. Организация, принимающая указанный выше подход, создает уверенность в возможностях своих процессов и качестве своей продукции, а также обеспечивает основу для постоянного улучшения. Это может привести к возрастанию удовлетворенности потребителей и других заинтересованных сторон и успеху организации.

Любая деятельность или комплекс деятельности, в которой используются ресурсы для преобразования входов в выходы, может рассматриваться как процесс. Систематическая идентификация и менеджмент применяемых организацией процессов, особенно взаимодействия таких процессов, могут считаться «процессным подходом». Процессная модель СМК выглядит следующим образом (рис. 2) [2].

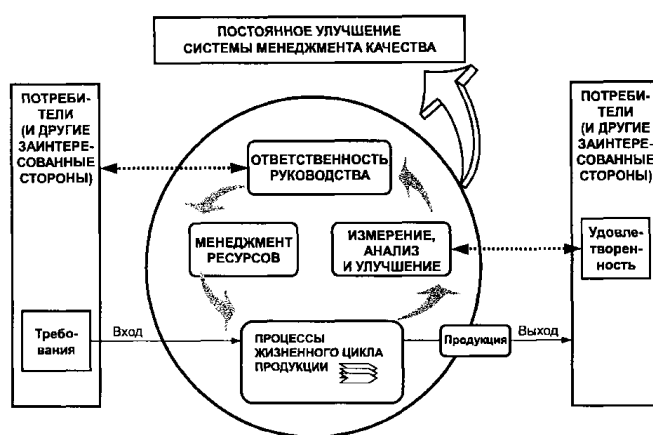


Рис. 2. Процессная модель СМК

Процессный подход к созданию СМК можно осуществить следующим образом: каждый процесс, участвующий в создании продукции и обеспечении ее качества, должен быть погружен в комплекс управленческих процессов (ответственность руководства, менеджмент ресурсов, обеспечение управляемых условий, измерение, анализ и улучшение). Можно сделать вывод, что СМК всей деятельности организации есть совокупность взаимодействующих и взаимосвязанных СМК (локальных) отдельных процессов создания продукции.

#### Литература

1. Чуб, Б. А. Курс лекций по дисциплине корпоративное управление / Б. А. Чуб. – М. : БУКВИЦА, 1999. – 1–2 с.
2. СТБ ИСО 9000–2006. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА

С. Л. Малиновская

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

Научный руководитель О. А. Ленкевич

Управление затратами на качество в наше время является распространенным и часто используется при построении системы качества по требованиям стандартов ISO серии 9000. Очевидно, что система управления затратами, связанными с качеством, при правильном ее проектировании и при использовании объективных и полных исходных данных может стать мощным инструментом управления предприятием в целом. Затраты на качество включают в себя все расходы, связанные с качеством, и подразделяются на две общие группы – затраты, вызванные несоответствиями, и затраты на предупреждение и выявление несоответствий. Затраты на дефекты считаются убытками предприятия.

Основной целью является создание системы, которая бы объективно и полно учитывала основные затраты предприятия на качество выпускаемой продукции. В дальнейшем данную информацию можно учитывать для оценки эффективности системы менеджмента качества (СМК) организации.

Методику сбора и систематизации данных для управления затратами на качество можно представить в виде блок-схемы, приведенной на рис. 1.

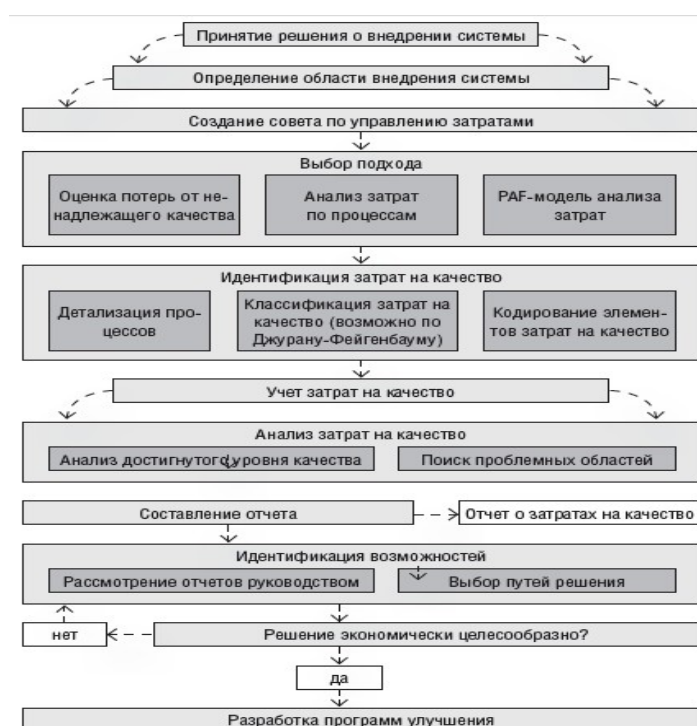


Рис. 1. Алгоритм разработки системы управления затратами на качество

Существуют разные методы сбора и анализа данных. Среди них наиболее популярными и объективными считаются следующие методы сбора и анализа элементов финансовой информации:

- метод калькуляции затрат на качество;
- метод калькуляции затрат, связанных с процессами;
- метод определения потерь вследствие низкого качества.

С точки зрения простоты и удобства использования можно применять метод калькуляции затрат на качество. Согласно этому методу, к составляющим затрат относятся:

- профилактика – деятельность по предотвращению дефектов;
- оценивание – испытания, контроль и обследования для оценки выполнения требований к качеству;
- внутренние затраты, являющиеся следствием дефектов, – затраты до поставки продукции вследствие того, что продукция не отвечает требованиям к качеству;
- внешние затраты, являющиеся следствием дефектов, – затраты после поставки продукции вследствие того, что продукция не отвечает требованиям к качеству.

Организация, которая внедряет систему управления затратами на обеспечение качества, может преследовать следующие цели:

- глобальную – контроль и управление всеми затратами предприятия, которые направлены на достижение качества процесса производства, и, в частности, на достижение качества выпускаемой продукции;
- локальную – минимизация затрат на несоответствие требованиям качества (минимизация затрат, связанных с дефектом продукции).

Основным и важнейшим звеном, определяющим успех по снижению уровня затрат, является механизм выделения коренных причин несоответствий, причем частота появления данной проблемы должна фиксироваться с помощью системы сбора и обработки статистической информации.

В соответствии с частотой появления данной проблемы ее можно классифицировать либо как результат нестабильной работы операционной системы, либо как результат появления случайного фактора, не связанного с работой системы.

К профилактике можно отнести следующее:

- анализ заказов на поставку и закупку (анализ контрактов);
- аудиты поставщиков, их ранжирование и сертификация, анализ качества;
- внедрение, ведение и совершенствование системы качества;
- выделение потребительских целевых групп;
- обучение операторов, контролеров и менеджеров по вопросам качества;
- подготовка и реализация планов регулярного контроля;
- предупреждающее техническое обслуживание (по отношению к качеству);
- регулярный мониторинг требований потребителя к качеству;
- статистическое управление процессом и т. д.

Проанализировав затраты на оценивание, наиболее значимыми и часто встречающимися из них являются:

- аудиты качества процессов и продукции по результатам отказов;
- выборочный входной контроль и испытания материалов и комплектующих;
- выборочный контроль персонала;
- выявление и устранение обнаруженных недостатков;
- дополнительный отборочный контроль и дополнительная деятельность;
- мониторинг вызовов на обслуживание;
- повторный контроль;
- подготовка выборки для испытаний;
- создание, обработка и хранение в архиве записей по контролю и испытаниям и т. д.

К внутренним затратам относят:

- дополнительные складские запасы как резервный запас;
- затраты, обусловленные возвратом уцененной продукции, обработка претензий;
- излишний расход материалов;
- корректировка складских запасов;
- переделка или переработка несоответствующей продукции;
- отходы от процессов;
- перепроектирование с целью скорректировать недостатки качества в продуктах, процессах и планах;
- погрузочно-разгрузочные работы, изоляция, идентификация, ликвидация забракованного и отходов;

– потери от перевода продукции в более низкую категорию из-за качества и т. д.

К внешним затратам относятся:

- потеря потребителей;
- безвозмездное приведение в соответствие требованиям;
- возвращенные из-за низкого качества товары;
- затраты на гарантийное обслуживание;
- затраты на отзыв продукции и устранение дефектов;
- изучение жалоб и корректирующие действия;
- корректировка цен из-за низкого качества услуг;
- некоторые изменения проектно-конструкторских работ;
- страхование ответственности за качество выпускаемой продукции;
- выплата неустоек за некачественную продукцию;
- транспортные расходы на возвращенную и изъятую продукцию;
- утрата репутации и т. д.

Внешние затраты, как правило, более затратны и наносят существенно больший вред, что связано, например, с лавинообразными последствиями потери имиджа организации.

Для полной реализации поставленной задачи необходимо:

- назначить ответственное лицо, которое будет управлять системой и вносить необходимые изменения;
- организовать централизованную систему сбора и обработки статистической информации по несоответствиям;
- грамотно распределить ресурсы;
- подготовить информационную базу затрат на качество;
- обеспечить анализ поступающей информации с целью сортировки несоответствий;
- последовательно реализовывать системы;
- правильно выбрать контрольные точки для исследования;
- своевременно и компетентно анализировать системы управления затратами на обеспечение качества;
- корректировать работы разработанной системы управления затратами;
- вводить лучшие решения в базу знаний компании;
- организовать непрерывное движение по вышеперечисленному циклу действия системы.

В результате проделанной работы будет создана система управления затратами на обеспечение качества, которая позволит проследить финансовые ресурсы, затрачиваемые предприятием или организацией для реализации этапов жизненного цикла продукции, процессов системы менеджмента качества.

**ПРИМЕНЕНИЕ SWOT-АНАЛИЗА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ  
САМООЦЕНКИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА  
КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ**

**С. А. Карачун**

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

Научный руководитель О. А. Ленкевич

Неотъемлемой характеристикой жизни современного общества является качество, результаты бизнеса во многом определяются качеством труда и управления. Лидерство руководителей, вовлечение персонала, ориентация на потребителя и развитие партнерских отношений с поставщиками, системный и процессный подходы, принятие решений, основанных на фактах, и постоянное улучшение становятся неотъемлемыми принципами современных управленческих концепций и теорий.

Одним из требований СТБ ISO 9001 является проведение самооценки организации, обычно осуществляемое высшим руководством, итогом которого является информация о результативности и уровне зрелости системы менеджмента качества (СМК).

Цель самооценки заключается в предоставлении организации рекомендаций, основанных на фактах, касающихся областей применения ресурсов для улучшения ее деятельности. Именно опираясь на результаты самооценки, предприятие может наметить и реализовать дальнейшие шаги на пути к улучшению.

Важнейшими преимуществами применения самооценки являются:

- получение объективных оценок, основанных на фактах;
- использование комплекса критериев оценки, широко распространенных в различных странах;
- внедрение различных инициатив персонала в повседневную деятельность организации;
- появление возможности распространения лучшего опыта внутри организации, признания достижений отдельных работников и подразделений;
- использование полученных результатов для совершенствования деятельности организации и др.

В настоящее время существует множество методов, которые позволяют провести оценку деятельности организации и улучшить ее:

- метод моделирования конкурса премий в области качества;
- метод формуляров;
- метод матричных диаграмм;
- метод рабочей встречи;
- метод равного участия и др.

Осуществление самооценки системы менеджмента организации позволяет проследить динамику улучшений и способствует построению организации, функционирующей в соответствии с принципами постоянного совершенствования. А своевременная корректировка выявленных слабых сторон деятельности помогает предотвратить снижение значимости сильных сторон организации, сохранить и повысить ее конкурентоспособность.

Результаты самооценки становятся механизмом постоянного внутреннего улучшения системы качества управления предприятием и служат исходными данными для стратегического планирования улучшений. Поэтому разработка эффективного механизма самооценки деятельности предприятия по-прежнему является важной задачей для предприятий.

Общая схема процедуры самооценки приведена на рис. 1.



Рис. 1. Общая схема процедуры самооценки

Мы предлагаем использовать для самооценки SWOT-анализ, позволяющий оценивать в комплексе внутренние и внешние факторы, влияющие на процессы СМК организаций. SWOT-анализ проводится с помощью вспомогательной матрицы, представленной в табл. 1.



Таблица 1

## Матрица SWOT

Показатели	Возможности	Угрозы
Сильные стороны	СИВ	СИУ
Слабые стороны	СЛВ	СЛУ

В качестве дополнений к данной таблице составляются вспомогательные матрицы стратегического планирования. Информация для стратегического планирования, представленная во вспомогательных матрицах, переносится в основную и используется для обобщения результатов стратегического анализа. Таких матриц две: матрица возможностей и матрица угроз.

Также в процессе выполнения SWOT-анализа рекомендуется составлять профиль среды, т. е. таблицы, в которой должны быть отмечены факторы среды, оказывающие существенное влияние на организацию. Для выявленных факторов определяется их важность влияния на организацию, направление данного влияния и подсчитывается совокупная степень воздействия по каждому фактору в целом. Данные вспомогательные матрицы приведены в табл. 2–4.

Таблица 2

## Матрица возможностей

Вероятность использования возможностей	Влияние		
	Сильное	Умеренное	Малое
Высокая	ВС	ВУ	ВМ
Средняя	СС	СУ	СМ
Низкая	НС	НУ	НМ

Таблица 3

## Матрица угроз

Вероятность использования возможностей	Влияние			
	Разрушение	Критическое состояние	Тяжелое состояние	Легкие ушибы
Высокая	ВР	ВК	ВТ	ВЛ
Средняя	СР	СК	СТ	СЛ
Низкая	НР	НК	НТ	НЛ

Таблица 4

## Составление профиля среды

Фактор среды	Важность для отрасли $A$	Влияние на организацию $B$	Направление влияния $C$	Степень важности $D = A \cdot B \cdot C$
1, 2, 3, ...				

Данные, полученные в результате SWOT-анализа, послужат базисными элементами при разработке плана улучшения деятельности организаций.

## **АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ**

**В. А. Парменова, Е. И. Манько, О. А. Дроздова**

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

Научный руководитель Н. Н. Гиль

Основной принцип менеджмента качества – управление, его реализация, основанная на фактах, предполагает наличие в структуре системы менеджмента подсистемы сбора и анализа данных. Для обеспечения обоснованности принятых решений применяются различные подходы и технологии [1].

Система менеджмента качества относится к категории слабоструктурированных предметных областей, о чем свидетельствует соотношение процессов производственного и непроизводственного характера [2].

Именно вовлечение в систему менеджмента непроизводственных процессов, не поддающихся «точному измерению», приводит к возникновению необходимости пересмотра требований в отношении структуры системы сбора и анализа данных, применяемых методов и средств.

Подобная ситуация, когда предмет анализа не поддается инструментальной оценке, встречаются достаточно часто. В связи с этим многообразие экспертно принимаемых решений можно условно разделить на две категории: аргументированные и интуитивные. Анализ деятельности организаций показал, что процент интуитивных решений превышает процент аргументированных решений. Таким образом, применение экспертных оценок в данной области носит ограниченный характер, прежде всего, из-за недостоверности получаемой информации. Кроме того, полученная в результате оценивания информация не является основой для принятия решений в области менеджмента качества. Следовательно, является актуальным вопрос о повышении достоверности и адекватности экспертных оценок реальной ситуации, а также снижении риска от некорректно принятого решения.

Нами была проведена работа по систематизации существующих методов и средств сбора, анализа, обработки и представления результатов экспертного оценивания.

Особое внимание было уделено этапу сбора экспертной информации. Данный этап имеет наибольшую весомость в процессе обеспечения требуемого уровня достоверности результатов оценивания.

Было выделено три критерия, которые определяют достоверность конечного результата в части организации сбора информации экспертного оценивания:

- тип оценочной шкалы;
- способ предъявления объектов оценивания;
- способ оценивания.

В качестве метода исследования был выбран метод морфологического ящика [5]. Структура морфологического ящика «Методы экспертного оценивания» представлена на рис. 1.

Каждая ячейка морфологического ящика характеризуется тремя свойствами: тип оценочной шкалы (априорная или апостериорная); способ предъявления объектов оценивания эксперту (упорядоченно или в случайном порядке); способ оценивания (непосредственного оценивания и парных сравнений).

Возможны две реализации метода парных сравнений: 1) «каждый с каждым (КСК)»; 2) «каждый с одним (КСО)».

После комбинирования всех возможных вариантов нами было получено 12 возможных разновидностей методов экспертного оценивания (рис. 1).

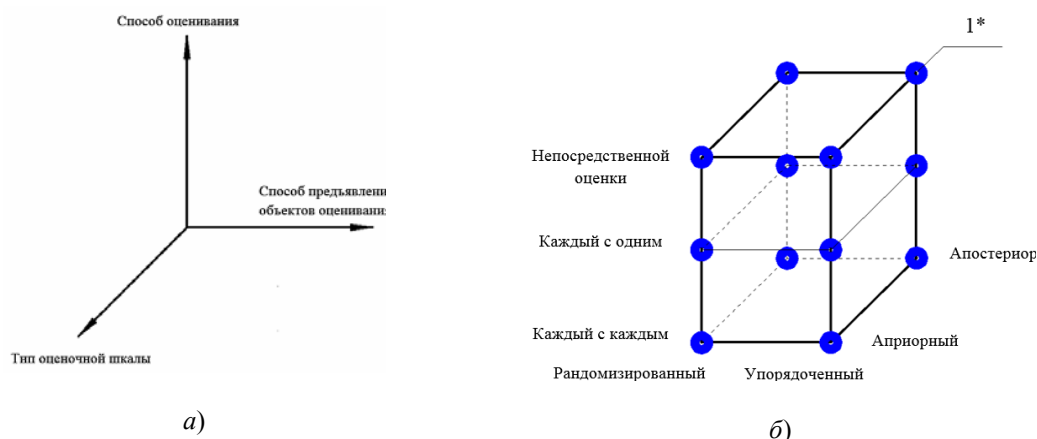


Рис. 1. Морфологический ящик «Методы экспертного оценивания»:

*a* – критерии методов сбора экспертной информации;

*b* – множество вариантов методов сбора экспертной информации

Примечание. \*Например, в представленной точке морфологического метода находится метод апостериорный, упорядоченный, непосредственной оценки.

Объектам оценивания выбрана геометрическая фигура – круг, а оцениваемым параметром – площадь фигуры.

Эксперимент включал два цикла оценивания, в каждом из которых фигуры предъявляются экспертам в разной последовательности с помощью двух колод карточек. Эксперт, оценивая два одинаковых объекта, находящихся в каждой из предъявляемых ему колод, теоретически должен выставить этим объектам одинаковые оценки.

Модель экспертного оценивания изложена в таблице.

### Основные положения модели эксперимента

Структурный элемент модели	Содержание структурного элемента
Объект оценивания	Круг
Параметр оценивания	Площадь S
Шкала оценивания	Априорная (от 0 до 10 баллов) или апостериорная (от 0 до бесконечности)
Метод оценивания	Один из 12 методов, перечисленных выше

Окончание табл.

Структурный элемент модели	Содержание структурного элемента
Методика оценивания	<p>Основные положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– каждый вид фигур предъявляется отдельно;</li> <li>– фигуры предъявляются в случайном порядке или упорядоченно;</li> <li>– перед глазами эксперта всегда находятся две фигуры;</li> <li>– оценивается либо непосредственно площадь фигуры, либо разность площадей двух фигур в зависимости от метода;</li> <li>– 12 комплектов анкет для окружностей и 4 комплекта – для квадратов;</li> <li>– оценивание проводится без предварительного ознакомления с размерностями фигур в серии либо с ознакомлением с максимумом и минимумом в зависимости от метода;</li> <li>– 15 фигур в каждой серии;</li> <li>– 2 круга оценивания в каждом методе;</li> <li>– количество опрашиваемых респондентов по каждому комплекту анкет – 2</li> </ul>

При обработке результатов оценивания каждого эксперта строились точечные диаграммы, где по оси абсцисс располагаются в порядке возрастания оценки площадей фигур из первой колоды, а по оси ординат, соответственно, из второй колоды. В случае, если эксперт одинаково оценивал соответствующие фигуры из первой и второй колод, на диаграмме будет наблюдаться прямая линия вида  $y = kx + b$ . Чем больше разброс точек на диаграмме относительно аппроксимирующей прямой, тем ниже внутренняя согласованность эксперта. То есть эксперт один и тот же объект из различных колод оценивал по-разному. По результатам эксперимента был выявлен целый ряд интересных, на наш взгляд, закономерностей:

1) внутренняя согласованность эксперта по априорной и апостериорной шкалам одинакова; можно считать, что данные методы являются взаимозаменяемыми;

2) упорядочение предъявляемых экспертам объектов оценивания (в нашем случае геометрических фигур) значительно повышает согласованность экспертов.

Также по результатам экспериментов был составлен рейтинг методов экспертной оценки по уровню достоверности результатов и даны рекомендации по дальнейшему совершенствованию системы экспертного оценивания в области СМК.

#### **Заключение**

1. По результатам анализа применения методов экспертной в рамках организаций различных видов деятельности обоснована необходимость развития и повышения достоверности методов оценивания для задач анализа и оценки при индивидуальном принятии решений и стремлении к аргументации принятых решений.

2. Определены основные характеристики методов на этапе сбора информации экспертного оценивания. Выделены три критерия, которые влияют на достоверность результата в части организации сбора информации: тип оценочной шкалы, способ предъявления объектов оценивания и способ оценивания. Исходя из этого, был сформирован морфологический ящик «Методы экспертного оценивания».

3. Предложен показатель оценки компетентности экспертов и достоверности методов экспертного оценивания – внутренняя согласованность отдельного эксперта, который отражает процент совпадающих оценок одинаковых объектов от всего числа оценок.

4. Экспериментально определены закономерности проявления внутренней согласованности экспертов. Выявлено, что наибольшая внутренняя согласованность экспертов наблюдается при упорядоченных методах предъявления объектов. Тип оценочной шкалы на внутреннюю согласованность экспертов не влияет.

5. Результаты исследований достоверности методов экспертного оценивания представляют информационную ценность для формирования экспертных методов, применяющихся для интегральной оценки качества многопараметрических объектов.

#### Литература

1. Тихонов, А. Н. Методы и системы поддержки принятия решений / А. Н. Тихонов, В. Я. Цветков. – М. : МАКС Пресс, 2001. – 312 с.
2. Методы менеджмента качества. Методология управления риском стандартизации / П. С. Серенков [и др.]. – Минск, 2012. – 243 с.
3. Азгальдов, Г. Г. О квалитетрии / Г. Г. Азгальдов, Э. П. Райхман. – М. : Изд-во стандартов, 1972. – С. 1–172.
4. Подиновский, В. В. О некорректности метода анализа иерархий / В. В. Подиновский, О. В. Подиновская // Математ. проблемы упр. – 2011. – № 1. – С. 8–13.
5. Альтшуллер, Г. С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач / Г. С. Альтшуллер. – 3-е изд., доп. – Петрозаводск : Скандинавия, 2003. – С. 240.

### **ПРИНЦИПЫ ИНТЕГРИРОВАНИЯ ЛОГИСТИКИ В СФЕРУ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Ю. В. Волынчук, И. Н. Пушкарчук**

*Луцкий национальный технический университет, Украина*

На современном этапе развития экономики обеспечение эффективной деятельности, высоких темпов развития и повышения конкурентоспособности предприятия в значительной степени определяются уровнем его вовлеченности в инновационную деятельность.

Для формирования эффективной инновационной деятельности возникает потребность в использовании мощной ресурсной базы, способной обеспечить потребности инновационного производства в материальных, финансовых, трудовых, информационных ресурсах. Использование логистической концепции с ее организационно-экономическим инструментарием оптимизации движения потоков позволяет представить инновационный процесс как цепь поставок, в котором взаимодействуют все элементы, начиная с этапа разработки инновации до реализации готового инновационного продукта потребителю.

Поэтому целью данного исследования является обоснование факторов, обуславливающих необходимость интегрирования логистической и инновационной деятельности предприятия, с выделением принципов, на которых должно происходить подобное взаимодействие.

Относительно логистики совершенно справедливо утверждение, что цель логистической деятельности считается достигнутой, если: нужный продукт соответствующего качества в необходимом количестве доставлен определенному потребителю в оговоренные время и место с минимальными затратами и надлежащим сервисом. Данное положение является соответствующим концепции 8R и соответствует операционным задачам при осуществлении инновационной деятельности предприятия.

Кроме этого, необходимость внедрения логистического управления в инновационной деятельности предприятия обусловлена такими объективными факторами [1]:

1. Инновационная деятельность требует быстрого и качественного выполнения этапов инновационного процесса. Этого можно достичь путем рационального управления потоками на каждом этапе инновационного процесса в условиях уменьшения расходов необходимых ресурсов для создания инновационного продукта, позволяющего повышать его общую эффективность.

2. Осуществление инновационной деятельности всегда характеризуется наличием рисков. В частности, существенное влияние на инновационную деятельность предприятия могут оказывать такие риски, как необоснованный выбор поставщиков ресурсов, некачественно организованная система управления запасами и т. п. Логистическое управление должно обеспечить минимизацию рисков за счет организации эффективного управления запасами, совершенствования материального обеспечения, оптимизации совокупных затрат при осуществлении инновационной деятельности.

3. Инновационный процесс базируется на разработке идеи, которая является результатом обработки большого объема информации. Следовательно, привлечение логистического управления информационными потоками создает благоприятные условия для формирования и использования материальных, финансовых и интеллектуальных ресурсов, необходимых для разработки инновационного продукта.

Несмотря на то что именно соблюдение принципов построения логистических систем обеспечивает переход к эффективной логистизации хозяйственной деятельности, целесообразно соотнести наиболее значимые из указанных принципов в сферу управления потоками ресурсов в инновационном процессе (таблица) (на основе [2]).

#### **Принципы интеграции логистики в сферу управления инновационной деятельностью предприятия**

<b>Принцип</b>	<b>Сущность принципа</b>	<b>Отличия трактовки в сфере управления инновационной деятельностью</b>
Системности	Взаимозависимость и взаимодействие всех элементов логистической системы для достижения цели управления	При проектировании сложных изделий их разбивают на простые составляющие, создание которых может происходить у разных участников инновационного процесса. Но эффективность организации инновационного процесса определяется по интегральной оценке всех его составляющих в их взаимодействии
Глобальной оптимизации	Согласование локальных целей функционирования элементов системы для достижения глобального оптимума	Расходы на создание и реализацию нового продукта должны быть минимизированы при условиях достижения заданного уровня эксплуатационных (функциональных) параметров
Логистической координации и интеграции	Достижение согласованности работы всех звеньев логистической системы в управлении материальными, финансовыми и информационными потоками в процессе реализации целей	Согласование временных рамок при создании компонентов инновационного продукта всеми участниками инновационного процесса при условии достижения заданных значений функциональных параметров

Окончание табл.

Принцип	Сущность принципа	Отличия трактовки в сфере управления инновационной деятельностью
Моделирования	Позволяет моделировать процессы и, изменяя их параметры, достигать желательного результата в виртуальном пространстве	Обеспечивает моделирование процессов создания нового продукта с использованием математических или физических аналогий, что позволит максимизировать полезный результат инновационного процесса с учетом ресурсных возможностей его участников
Общего управления качеством (TQM)	Обеспечивает достижение высокого уровня качества для каждого элемента логистической системы	Обеспечивает ускорение инновационного процесса во времени и проектируемое качество новой продукции
Гуманизации технологических решений	Соответствие логистической системы экологическим, эргономичным, социальным, этическим и другим требованиям	Влияет на состав участников инновационного процесса, отбор которых осуществляется в соответствии с установленными нормативами в отмеченных сферах
Стабильности и адаптивности	Надежность логистической системы при допустимых отклонениях параметров и факторов внешней среды	Надежность связей между участниками инновационного процесса, который поддерживается системой взаимосогласованных целей и мотивов

Рассмотренные принципы применяются при проектировании логистической системы предприятия и должны приниматься во внимание при осуществлении инновационной деятельности с целью создания необходимых условий для эффективного управления инновационными процессами предприятия. Это позволит достичь гибкости в управлении инновационными процессами; обеспечить логистическую эффективность инновационной деятельности путем минимизации совокупных расходов и времени; наладить сотрудничество между задействованными в процессе создания и реализации инноваций подразделениями предприятия и развязать конфликт целей.

Реализация инновационной деятельности также осуществляется в определенной последовательности и сопровождается на каждой стадии соответствующими материальными, финансовыми, информационными, сервисными потоками, что позволяет правомерно применять для управления ею концептуальные принципы логистики.

При применении логистики в инновационной деятельности предприятия стоит пользоваться не только собственным потенциалом предприятия, а производить поиск внешних источников генерации идей. Логистическая деятельность предприятия требует постоянного совершенствования, но при этом глубокого изучения всех возможных факторов влияния и индивидуализации каждого нововведения. В логистике всегда существует конфликт: время или деньги, тогда как за счет инноваций в логистике можно достичь эффекта сокращения расходов и времени, а также прибавить добавленной стоимости клиенту [4]. Учитывая нынешнее состояние, введение инноваций позволит укрепить конкурентные позиции более сильных предприятий и устранить с рынка более слабых, от чего в результате будет позитивный эффект для конечного потребителя.

Таким образом, политика предприятия, основанная на грамотном управлении инновационной деятельностью на принципах логистики, способствует рациональной

организации любых потоковых процессов с целью повышения эффективности их конечных результатов за счет выявления и использования дополнительных, как правило, скрытых резервов управления.

*Литература*

1. Кацюба, Н. Л. Організація логістичного управління інноваційною діяльністю підприємства / Н. Л. Кацюба // Дні теорії та практики інвестування : конференція ДонНТУ. – Донецьк, 2010. – Режим доступу: <http://masters.donntu.org/2010/iem/katsjuba/library/tez1.htm>.
2. Гончару, А. М. Інтегрування функціональних циклів логістики в управління інноваційною діяльністю машинобудівного підприємства : дис. на здоб. наук. ступ. канд. економ. наук : спец. 08.00.04 «Економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності)» / А. М. Гончарук ; Хмельницький національний університет. – Хмельницький, 2013. – 184 с.
3. Волянчук, Ю. В. Внедрение инновационных технологий в управление логистической деятельностью предприятий / Ю. В. Волянчук // Актуальн. проблемы упр. : сб. докл. междунар. науч. конф., Москва, 24 апр. 2014 г. / отв. ред. Н. И. Архипова. – М. : РГГУ, 2014. – С. 204–208.
4. Русановська, О. А. Перспективи інновації в логістичній діяльності підприємств / О. А. Русановська, І. Петецькі // Економічні науки. Серія «Економіка та менеджмент» : збірник наукових праць. Луцький національний технічний університет. – Випуск 9 (34). Частина 2. – Луцьк, 2012. – С. 99–106.

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ  
ИННОВАЦИОННЫХ КЛАСТЕРОВ ИННОВАЦИОННО-  
ПРИТЯГАТЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ БЕЛАРУСИ И РОССИИ**

**А. А. Титович**

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

Научный руководитель А. А. Капштык

Перспективы интеграции Беларуси и России на современном этапе во многом зависят от эффективной региональной политики во всех сферах экономики, перехода на инновационный путь развития. Как известно, в основе инновационного развития экономики лежат инновационные формы организации промышленного производства. Такими формами могут служить отраслевые кластеры. Важным направлением по активизации работы над созданием и развитием отраслевых кластеров является использование преимуществ инновационно-притягательных регионов. Под взаимно инновационно-притягательными регионами мы понимаем такие регионы, которые на основе взаимной интеграции дополняют друг друга и оба имеют возможность (либо только отстающий) повысить уровень своего инновационного развития. Кластеры инновационно-притягательных регионов являются качественно новой структурой в условиях интеграции.

В современной трактовке обычно под кластером подразумевают географически соседствующую группу взаимосвязанных компаний, поставщиков, провайдеров услуг и ассоциированных институтов в определенной сфере деятельности, связанных внешними эффектами различного типа. Однако в настоящее время значимость географической близости субъектов кластера снижается. Передача информации, движение финансовых потоков становятся практически мгновенными, а транспортировка грузов – дешевой и быстрой. С этих позиций представляется целесообразным создание виртуальных кластеров. Виртуальный инновационный кластер (ВИК) – это объединение участвующих в инновационно-промышленном процессе организаций, ключевые компетенции которых составляют цикл инновационного процесса, а взаи-



модействие осуществляется в виртуальном пространстве на основе технической и семантической совместимости.

Проведенные исследования позволили выявить возможность формирования ВИК в мясомолочной отрасли на территории Гомельской области и г. Москвы. Говоря о текущем состоянии мясомолочного производства в Гомельской области, следует отметить, что на сегодняшний день в регионе имеются субъекты хозяйствования с устойчивыми региональными связями, которые можно рассматривать как элементы кластерной структуры. Одной из крупнейших таких структур является «Гомельская Мясо-Молочная Компания». В ее состав входит 9 молокоперерабатывающих заводов, 3 мясокомбината, 2 торговых дома и одно предприятие по производству мороженого, объединенные в холдинг. Все предприятия составляют единую производственно-сбытовую систему, позволяющую наращивать объемы производства качественной мясной и молочной продукции.

На данный момент уже имеется ряд предпосылок создания мясомолочного кластера «Гомель-Москва». К ним следует отнести: наличие сбалансированной ресурсной базы по производству мяса и молока; наличие высококвалифицированного кадрового потенциала, традиционно ориентированного на развитие агропромышленного комплекса и возможность подготовки специалистов агропромышленного комплекса всех уровней; наличие перспективных рынков сбыта; возможность производства необходимых ветеринарных препаратов; наличие стабильной кормовой базы; наличие строительной базы для нового строительства и реконструкции объектов агропромышленного комплекса и инфраструктуры; развитие межрегионального сотрудничества в инвестиционной, инновационной сферах; наличие наработанной нормативно-правовой базы для межрегионального сотрудничества. В состав предлагаемого виртуального инновационно-промышленного отраслевого кластера следует включить промышленные организации отрасли, научно-инновационные структуры, финансовые институты, консалтинговые фирмы и другие организации. Границы кластера «Гомель–Москва» определяются территориями Гомельской области и г. Москвы.

При создании кластеров возникает вопрос оценки эффективности. На наш взгляд, экономическую эффективность виртуальных инновационных кластеров следует оценивать комплексно по трем направлениям: реализация инновационных проектов ( $N_1$ ); рост экономических показателей отрасли ( $N_2$ ); наличие связей и взаимодействия между участниками кластеров ( $N_3$ ). Учитывая данные направления, разработана методика, согласно которой автором предложены критерии их оценки (таблица 1).

*Таблица 1*

**Методика оценки эффективности виртуальных инновационных кластеров**

Критерии оценки	Коэффициент влияния $K_i$	Факторы, оказывающие влияние на критерии	Методика проведения оценки
1. Реализация инновационных проектов ( $N_1$ )			
$k_1$ – инновационность отрасли	0,55	– рост количества нововведений в отрасли после создания кластера, внедрение новых технологий	Экспертная оценка активизации деятельности предприятий, количества инноваций в отрасли после создания кластера
$k_2$ – коммерциализация новых технологий	0,45	– наличие ресурсов для коммерциализации новых технологий	Оценка наличия необходимой инфраструктуры для разработки и внедрения инноваций

Критерии оценки	Коэффициент влияния $K_i$	Факторы, оказывающие влияние на критерии	Методика проведения оценки
2. Рост экономических показателей отрасли ( $N_2$ )			
$k_3$ – объем работ (услуг)	0,6	– рост доли объемов работ (услуг) на предприятиях кластера в общем объеме работ (услуг) отрасли	Оценивается объемы работ (услуг) при появлении условий, которые предполагаются при формировании кластера
$k_4$ – объем инвестиций в основной капитал	0,4	– обновление основных фондов предприятий кластера	Оценивается объем собственных средств предприятий, направленных на увеличение основных средств
3. Наличие связей и взаимодействия между участниками кластеров ( $N_3$ )			
$k_5$ – уровень кооперации	0,35	– способность предприятий кластера достичь необходимого уровня кооперации	Экспертно оценивается кооперация каждого участника по различным критериям. Если полученное значение выше среднего, можно считать, что кооперация внутри участников кластера развита, и сделать вывод о положительном влиянии создания кластера на повышение уровня кооперации среди участников
$k_6$ – создание инфраструктуры, необходимой для развития кластера	0,35	– возможность создания необходимой инфраструктуры	Экспертная оценка
$k_7$ – выход на новый уровень управления	0,3	– способность руководителей предприятий кластера выйти на более высокий уровень управления	

Критерии оцениваются по 6-балльной шкале, где «0» баллов – создание кластера оказывает отрицательное влияние на развитие отрасли; «20» баллов – не оказывает влияние на развитие отрасли; «40» баллов – оказывает незначительное положительное влияние; «60» баллов – оказывает ощутимое положительное влияние; «80» баллов – оказывает большое положительное влияние; «100» баллов – оказывает определяющее положительное влияние. Баллы присваивались экспертной группой, состоящей из высококвалифицированных, компетентных и достаточно опытных специалистов на основании статистических данных и их анализа, с учетом факторов, оказывающих влияние на критерии. Экспертная группа присвоила для каждого критерия коэффициент влияния ( $K$ ) на характеристику ( $N$ ). Оценка характеристик создаваемого кластера будет определяться путем умножения количества баллов ( $k$ ) по каждому критерию на коэффициент его влияния по следующей формуле:

$$N = \sum(k_i \cdot K_i).$$

Показатель эффективности создания отраслевого кластера ( $\Xi_{\phi}$ ) определяется как среднеарифметическое итоговых оценок по всем характеристикам. На основании вышеуказанной шкалы определения баллов предлагается считать, что создание кла-

стера будет эффективно в том случае, если итоговая оценка будет более 60 баллов, так как в этом случае создание отраслевого кластера окажет ощутимое положительное влияние на развитие отрасли и, соответственно, определит эффективность создаваемого кластера. Оценив эффективность создания кластера, можно будет приступать к реализации кластерных инициатив. Оценим эффективность предлагаемого кластера «Гомель–Москва» в мясомолочной отрасли согласно предложенной системе оценки (табл. 2).

Таблица 2

## Оценка эффективности ВИК «Гомель–Москва»

Характеристика	Балл по критерию	Основание величины балла	Оценка эффективности $N_i$
$N_1$	$k_1 = 60$	Согласно опросу экспертной группы, при создании кластера произойдет повышение деловой активности в отрасли, возможна активизация производств новейших продуктов, новых технологий в отрасли за счет научной кооперации, прогнозируется ощутимое влияние создания кластера на количество инноваций	$N_1 = 60 \cdot 0,55 + 100 \cdot 0,45 = 78$
	$k_2 = 100$	Кластерный механизм предполагает взаимодействие с научными учреждениями, у которых есть ресурсы для проведения инновационных разработок, с инфраструктурой поддержки, органами власти, которые способствуют коммерциализации научных разработок. Применительно к г. Москве, где присутствует развитая инновационная инфраструктура, показатель будет проявлен в высокой степени	
$N_2$	$k_3 = 80$	Объемы выполненных работ выбранных предприятий в общем объеме отрасли составляют 67 %. Применив коэффициент увеличения потенциала развития предприятий, темпы роста после образования кластера составят 39 %	$N_2 = 80 \cdot 0,6 + 60 \cdot 0,4 = 72$
	$k_4 = 60$	Прогнозируется ощутимое увеличение инвестиций, направленных на расширение производства, внедрение новых технологий	
$N_3$	$k_5 = 60$	Для оценки уровня кооперации внутри участников кластера, оценим кооперацию каждого участника по 5 критериям: взаимодействие с предприятиями-производителями, взаимодействие с финансовыми учреждениями, взаимодействие с консалтинговыми фирмами, взаимодействие на уровне координационного совета. Средний балл равен 3 (из 5 возможных), а значит, создание кластера значительно повысит уровень кооперации среди его участников	$N_3 = 80 \cdot 0,35 + 80 \cdot 0,3 = 73$
	$k_6 = 80$	Создание кластера увеличит количество инициатив по созданию необходимой инфраструктуры, активизирует деятельность органов власти. Финансовые учреждения, входящие в состав кластера, окажут существенное влияние на повышение конкурентоспособности мясомолочных организаций путем предоставления финансовых ресурсов; научные и образовательные институты позволят повысить квалифицированность работников предприятий, смогут поставлять новые технологии. Прогнозируется большое влияние создания кластера на данный показатель и на развитие отрасли в целом	
	$k_7 = 80$	Предприятия в кластере повышают свою деловую активность, руководители меняют свое мышление, что в комплексе способствует выходу предприятий на новый, более высокий уровень развития	

Расчет показателя эффективности ( $\mathcal{E}_\Phi$ ) дал результат 74,3 балла из 100 возможных:

$$\mathcal{E}_\Phi = (\sum N_i) / i = (78 + 72 + 73) / 3 = 74,3.$$

Таким образом, полученный результат свидетельствует об эффективности предлагаемого кластера в мясомолочной отрасли. В сложившейся обстановке сотрудничества Гомельской области и г. Москвы объективно существуют предпосылки и условия для создания мясомолочного кластера. Для его формирования и развития необходимым является проведение комплекса подготовительных и основных работ, направленных на формирование кластерной структуры, обеспечивающей повышение конкурентоспособности мясомолочной отрасли и экономики обоих регионов в целом.

## Секция VII ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

---

### РЕГИОНАЛЬНЫЙ АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КЛАСТЕР: ОСОБЕННОСТИ, ПРЕИМУЩЕСТВА И ПРОБЛЕМЫ ЕГО СОЗДАНИЯ

Л. В. Щукина

*Брянский государственный технический университет  
имени академика И. Г. Петровского, Россия*

Научный руководитель А. Д. Шафронов

Достижение целевых параметров устойчивого развития сельского хозяйства региона вызывает необходимость поиска новых конкурентоспособных форм территориально-производственной организации АПК, одной из которых является агрокластер.

В отличие от традиционных интегрированных структур, кластерные системы характеризуются следующими особенностями:

- географическая локализация (размещение сельскохозяйственных организаций на одной территории) и концентрация (накопление кадрового, научного, инновационного и производственного потенциала);
- наличие горизонтальных и вертикальных связей между сельскохозяйственными, научными организациями и структурами государственного управления;
- объединение организаций законченного производственного цикла, имеющих общую сферу деятельности (отраслевую принадлежность) и связанных единой инфраструктурой;
- наличие конкуренции, обеспечивающей динамику развития организаций-участников;
- наличие устойчивых долговременных хозяйственных связей между организациями, сформированных на договорной добровольной основе в целях повышения конкурентоспособности и устойчивости развития всех участников;
- инновационная направленность совместной деятельности участников;
- долгосрочный период (в среднем от семи до десяти лет) становления кластерной формы организации деятельности [4, с. 99].

Учет выявленных признаков и анализ теоретических аспектов кластерного подхода позволяют заключить, что агропромышленный кластер можно рассматривать как устойчивое долгосрочное территориально-отраслевое объединение предприятий, связанных отношениями партнерства с государственными органами управления и научно-образовательными центрами, созданное с целью достижения конкурентоспособности и устойчивости развития сельскохозяйственных организаций, регионов и страны в целом [4, с. 99].

Проведенное исследование показало, что к основным преимуществам кластерной формы организации агропромышленного производства относятся следующие.

Во-первых, синергетический эффект и, как следствие этого, рост инвестиций в инновационное развитие производств, усиление экспортного потенциала, повышение занятости населения и качества продукции, развитие новых технологий, усиление конкурентоспособности и производительности членов кластера, развитие тесных

связей между наукой и производством, развитие инфраструктуры, повышение образовательного уровня сотрудников [3, с. 97].

Во-вторых, эффект снижения транзакционных издержек: развитие кластеров позволяет достичь экономии на издержках благодаря совершенствованию процедур, методов, стандартов производства и контроля качества, необходимых для изготовления новых продуктов, или методов их производства; повышению скорости обмена информацией в рамках единого информационного пространства кластера; повышению предпринимательской активности и улучшению предпринимательского климата [1, с. 56].

В-третьих, эффект от диффузии инноваций, т. е. интенсификация процессов развития инновационной деятельности в кластере. Особую роль в облегчении и ускорении диффузии инноваций играет социальная среда кластера, в которую вовлечены специалисты разных областей знаний в научно-исследовательских центрах, учреждениях образования и которая создает основу для неформальных доверительных отношений между носителями новых знаний, облегчая их передачу сельскохозяйственной деятельности [1, с. 56–57].

В-четвертых, эффект от снижения стоимости капитала, достигаемый за счет расширения спектра используемых в системе регионального управления кластерными образованиями финансовых инструментов, привлечения капитала стратегических инвесторов и международных финансовых организаций, активизации лизинговых операций [1, с. 59].

В-пятых, эффект совместного использования инфраструктурных объектов как следствие общего использования специализированных производственных мощностей, научного оборудования, зданий, инженерных сооружений [1, с. 59].

В-шестых, маркетинговые эффекты: повышение брендово-имиджевых характеристик кластера в целом или отдельных ключевых хозяйствующих субъектов кластера (ядра) способствует сокращению затрат на рекламу за счет пользования общим брендом [1, с. 61].

В-седьмых, развитие сельских территорий за счет повышения уровня социально-бытового и инженерного обустройства сельских населенных пунктов, привлечения и рационального использования инвестиций.

В результате проведенного исследования нами определены ограничительные факторы, сдерживающие развитие кластеров в региональном АПК, к которым относятся:

– низкое естественное плодородие почв, высокие риски и, соответственно, низкая инвестиционная привлекательность агробизнеса;

– высокий уровень цен на продукцию, работы, услуги, используемые сельскохозяйственными организациями (технику, энергоносители, услуги сторонних организаций, включая транспортные и др.), обуславливающий высокий уровень затрат на производство сельскохозяйственной продукции и снижающий эффективность аграрного производства;

– сложное финансово-экономическое положение многих организаций;

– высокая степень физического и морального износа основных фондов, недостаток собственных средств организаций на технико-технологическое перевооружение;

– слабое внедрение научных разработок, передового опыта и других инноваций в производство;

– отсутствие устойчивых производственно-хозяйственных и финансово-экономических связей между хозяйствующими субъектами АПК, а также с другими отраслями и сферами экономики;

– недостаточное развитие сети информационно-консультационных услуг в районах республики, низкий уровень применения в аграрном секторе современных информационных технологий [2, с. 29].

Вместе с тем в регионах, сельскохозяйственные организации которых обладают значительной сырьевой базой для функционирования и развития перерабатывающих предприятий, существуют фундаменты агрокластера или потенциальные его участники. С этих позиций основной задачей повышения эффективности сельского хозяйства региона является создание объективных условий для формирования и развития потенциального агрокластера. В частности, необходимо обеспечить переход на инновационный путь развития агропромышленного комплекса, стимулировать рациональное размещение и эффективную специализацию агропромышленного производства, разработать кластерные стратегии и тактику развития агроформирования, внедрить единую систему информационного обеспечения АПК и создать региональную электронную торговую площадку в целях совершенствования инфраструктуры межотраслевой кооперации участников производственных цепочек.

В целом кластерная форма организации агропромышленной деятельности соответствует принципам новой парадигмы управления АПК, предполагающим достижение устойчивого инновационного развития сельского хозяйства, создание новых рабочих мест, повышение уровня и качества жизни сельского населения, обеспечение продовольственной безопасности страны и региона в частности.

#### Л и т е р а т у р а

1. Буянова, М. Э. Оценка эффективности создания региональных инновационных кластеров / М. Э. Буянова, Л. В. Дмитриева // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 3, Экономика. Экология. – 2012. – № 2 (21). – С. 54–62.
2. Доржиева, Е. В. Формирование АПК-кластеров в системе агропродовольственного рынка региона / Е. В. Доржиева // Вестн. Удмурт. ун-та. – 2011. – Вып. 3. – С. 25–30.
3. Дырдонова, А. Н. Кластерный подход как механизм повышения конкурентоспособности региона / А. Н. Дырдонова // Конкурентоспособность компаний и территорий: кластерные технологии : сб. науч. ст. / под ред. Т. В. Миролюбовой ; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2014. – Вып. 3. – С. 93–106.
4. Щукина, Л. В. Агрокластеры как инструмент обеспечения устойчивого инновационного развития сельского хозяйства региона / Л. В. Щукина // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2014. – № 3 (58). – С. 97–104.

### **ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГНОЗНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ЗА ПЕРИОД 2011–2015 гг.**

**К. С. Фесенко**

*Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Н. В. Пархоменко

Одной из наиболее важных задач выполняемой в Республике Беларусь Государственной программы устойчивого развития села на 2011–2015 гг. (далее – Государственная программа) является обеспечение безопасности и высокого качества продукции сельского хозяйства и продовольствия, а также укрепление продовольственной безопасности и продовольственной независимости страны с выходом на оптимальные параметры продовольственного снабжения населения [1].

Решение названной задачи возможно на основе разработки и реализации мероприятий по следующим основным направлениям:

– повышение экономической эффективности деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей;

- обеспечение необходимого уровня конкурентоспособности продукции;
- стабильное снабжение населения высококачественным продовольствием на базе внедрения интенсивных энерго- и ресурсосберегающих технологий производства;
- повышение конкурентоспособности продуктов питания на внутреннем и внешних рынках, обеспечение их реализации на экспорт;
- создание оптимальных условий для развития перерабатывающих предприятий;
- оказание содействия развитию сырьевых зон;
- формирование гибкой структуры производства и сбыта сельскохозяйственной продукции [1].

Среди ожидаемых результатов исполнения доведенных показателей должны стать:

- темп роста продукции сельского хозяйства 139–145 %;
- экспорт сельскохозяйственной продукции и продовольствия порядка 7,2 млрд долл.;
- размер среднемесячной заработной платы работников сельскохозяйственных организаций на уровне ее среднего значения по республике;
- рентабельность продаж в сельском хозяйстве 10–11 %.

Важнейшим направлением изучения состояния продовольственной обеспеченности Республики Беларусь является оценка динамики объемов производства продуктов питания по основным продовольственным группам, а также сопоставление его фактического уровня с прогнозным значением, определенным Государственной программой (табл. 1).

Таблица 1

**Выполнение показателей сельскохозяйственного производства в Республике Беларусь за период 2011–2014 гг. и прогноз на 2015 г.**

Вид продукции	Производство продукции									
	Верхняя граница критического уровня	Факт	Выполнение	Факт	Выполнение	Факт	Выполнение	Оценка	Выполнение	План
		2011	2012		2013		2014		2015	
Единица измерения	тыс. т	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т
Зерно	6000	8273	83,6	9226	88,7	7602	69,7	9600	84,2	12000
Картофель	6000	7148	95,7	6911	91,7	5914	77,8	6300	81,9	7750
Овощи	1000	1979	91,6	1581	73,2	1628	75,4	1700	78,7	2160
Плоды и ягоды	700	301,7	47,1	630,4	95,7	476,2	70,3	–	–	714
Рапс	150	379	43,2	705	76,5	676	70,2	729,7	71,6	1060
Сахарная свекла	1500	4485	106,8	4772	111,0	4343	96,5	4800	102,1	5500
Мясо	1000	1464	98,3	1557	97,3	1669	96,5	–	–	1990
Молоко	4500	6500	85,6	6766	82,9	6640	74,8	–	–	10665

Примечание: таблица составлена по данным источников [1]–[4].

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что по основным продовольственным группам товаров объемы производства за период 2011–2014 гг. не позволяют обеспечить выполнение прогнозных показателей (менее 100 %), за исключением сахарной свеклы (оценка 2014 г. – 102,1 %). Вместе с тем фактический объем производст-

ва продовольствия превышает установленную верхнюю границу критического уровня продовольственной безопасности (от 60 до 80 % обеспеченности независимо от импорта), что, однако, создает возможность возникновения угрозы при неблагоприятной конъюнктуре рынка.

Стратегия формирования продовольственного фонда базируется, в первую очередь, на принципах обеспечения республики продовольствием за счет собственного производства. Кроме того, обеспечение продовольственной безопасности страны предполагает развитие сельскохозяйственного производства, ориентированного на экспорт с достижением положительного сальдо внешней торговли сельскохозяйственной продукцией и продовольствием (табл. 2).

Таблица 2

## Показатели внешнеторгового баланса за период 2011–2015 гг.

Наименование показателя	Единица измерения	Годы				
		2011	2012	2013	2014	2015
Фактическое сальдо	млрд долл. США	0,81	1,39	1,59	–	–
Планируемое сальдо	млрд долл. США	0,4	1	1,95	2,95	4
Выполнение	%	202,5	139,0	81,5	–	–

Примечание: таблица составлена по данным источников [1], [5].

В 2011 и 2012 гг. отмечается выполнение прогнозных показателей внешнеторговой деятельности, причем в 2011 г. – более чем в 2 раза. Однако увеличение размера сальдо внешней торговли сельскохозяйственной продукцией и продовольствием на 0,2 млрд долл. США относительно 2012 г. (темп роста 114,4 %) не позволит достичь необходимого уровня, установленного Государственной программой. Экспортные поставки сельскохозяйственной продукции и продовольствия в 2015 г. планируется осуществить на уровне порядка 7,2 млрд долл. США с положительным сальдо в 4 млрд долл.

Нами выполнена оценка соответствия размера среднемесячной заработной платы работников сельскохозяйственных организаций среднереспубликанскому уровню (рис. 1).

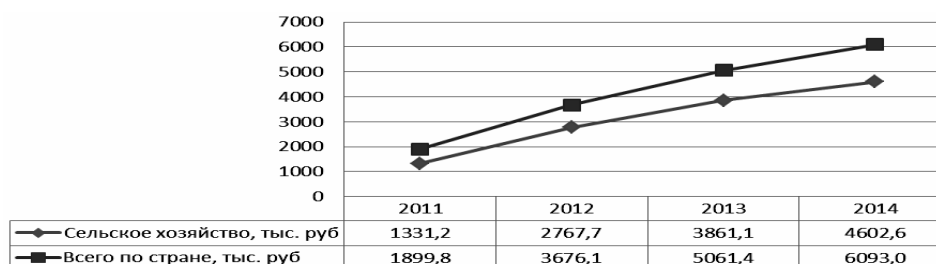


Рис. 1. Показатели среднемесячной заработной платы за период 2011–2014 гг.

Несмотря на то что за рассматриваемый период наблюдается устойчивая положительная динамика среднемесячной заработной платы работников, занятых в сельскохозяйственном производстве, на сегодняшний день пока не удалось обеспечить ее соответствие среднему в Республике Беларусь уровню, при этом отставание от целевого показателя колеблется в пределах 25–30 %.



Обобщающим показателем экономической эффективности сельскохозяйственного производства является рентабельность. На основе анализа сложившегося и доведенного среднего уровня рентабельности продаж можно определить общую доходность производства и реализации сельскохозяйственной продукции (табл. 3).

Таблица 3

**Прогнозные и фактические показатели рентабельности продаж  
в сельском хозяйстве Республики Беларусь, %**

Наименование показателя	Годы				
	2011	2012	2013	2014	2015
Задание	6	7,1	8,5	10,2	11
Факт	15,9	17,7	5,3	7,1	–
Выполнение	265,0	249,3	62,4	69,6	–

*Примечание:* таблица составлена по данным источников [1], [5].

Следует отметить относительно высокий уровень рентабельности продаж в сельском хозяйстве в 2011 и 2012 гг. (превышение целевого показателя достигнуто более чем в два раза). Однако в 2013 и 2014 г. отмечается значительное снижение рассматриваемого показателя, его значение в сравнении с плановым составляет порядка 60–70 %.

Таким образом, оценка выполнения прогнозных показателей Государственной программы позволяет сделать заключение о необходимости дальнейшей целенаправленной работы по достижению необходимых экономических и социально значимых результатов, обеспечивающих устойчивое развитие экономики, повышение уровня доходности сельскохозяйственного производства и качества жизни населения страны, а также гарантирующих достижение необходимых параметров национальной продовольственной безопасности.

#### Л и т е р а т у р а

1. О Государственной программе устойчивого развития села на 2011–2015 годы : Указ Президента Респ. Беларусь от 1 авг. 2011 г. № 342 / Офиц. сайт М-ва сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь. – Минск, 2007–2014. – Режим доступа: <http://mshp.minsk.by/>.
2. Статистический ежегодник Республики Беларусь / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2014. – 534 с.
3. Ильина, З. Проблемы продовольственной безопасности в Республике Беларусь / З. Ильина // Беларус. думка. – 2009. – № 4 (крас.).
4. О производстве продукции растениеводства в хозяйствах всех категорий в Республике Беларусь за 2014 год / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 01.03. 2015.
5. Сельское хозяйство Республики Беларусь / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2013. – 365 с.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**О. Г. Борисовец**

*Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Н. В. Пархоменко

В рыночных условиях задача эффективного функционирования предприятий и обеспечения их конкурентоспособности является первостепенной. Обеспечение снижения себестоимости производимой продукции является важнейшим условием повышения конкурентоспособности. Ввиду того что основным видом ресурсов, потребляемым предприятием в процессе производства, являются материальные ресурсы, составляющие наибольшую величину в структуре себестоимости продукции, перед отечественными предприятиями в качестве первоочередной стоит задача снижения уровня материальных затрат.

Материальные ресурсы занимают центральное место в составе ресурсного потенциала страны, поскольку являются основой для выпуска продукции. Рациональное и эффективное их использование способствует снижению себестоимости продукции, росту прибыли предприятий, уровня рентабельности и эффективности производства в целом.

Эффективность использования материальных ресурсов в целом можно оценить по показателю материалоемкости, характеризующему размер материальных затрат на единицу продукции (работы, услуги) в денежном выражении.

Динамика натурально-стоимостных показателей материалоемкости, характеризующих потребление основных видов материальных ресурсов в народном хозяйстве республики, приведена в табл. 1.

*Таблица 1*

### Показатели расхода материальных ресурсов в расчете на 1 трлн р. ВВП Республики Беларусь в фактически действовавших ценах за период 2009–2013 гг.

Виды ресурсов	Годы				
	2009	2010	2011	2012	2013
Электроэнергия, млн кВт · ч	221,22	212,13	108,37	58,06	49,48
Теплоэнергия, тыс. Гкал	493,30	440,79	232,20	134,63	109,14
Прокат готовый, тыс. т	13,27	14,79	8,64	5,02	4,24
Стальные трубы, т	1702,54	2048,93	895,15	609,02	511,95
Шины для грузовых автомобилей и автобусов, шт.	2808,46	2875,80	2076,34	1312,33	976,78
Деловая древесина, тыс. м <sup>3</sup>	39,83	39,45	24,59	15,42	12,95
Пиломатериалы, тыс. м <sup>3</sup>	15,09	12,80	7,46	3,86	3,25
Плиты древесно-стружечные, усл. м <sup>3</sup>	2475,77	2425,64	1315,51	844,29	1139,93
Плиты древесно-волокнистые, тыс. усл. м <sup>2</sup>	108,36	115,96	103,23	45,85	41,36
Цемент, тыс. т	29,10	28,25	15,11	8,19	7,10
Стекло полированное, тыс. м <sup>2</sup>	74,04	78,55	45,62	28,08	20,93

*Примечание:* таблица составлена автором на основе материалов источников [1], [2].

По результатам проведенного анализа натурально-стоимостных показателей материалоемкости (табл. 1) нами установлено следующее.

Расход большинства важнейших видов материальных ресурсов (электроэнергии, теплоэнергии, деловой древесины, пиломатериалов, плит древесно-стружечных, цемента) в расчете на 1 трлн р. ВВП в фактически действовавших ценах снижался в анализируемом периоде. В то же время по ряду ресурсов, таких как прокат готовый, стальные трубы, шины для грузовых автомобилей и автобусов, плиты древесноволокнистые, стекло полированное, однозначная тенденция снижения удельных расходов наблюдается лишь с начала 2011 г.

Таким образом, данные табл. 1 свидетельствуют о повышении эффективности использования материальных ресурсов в народном хозяйстве Республики Беларусь, выражающемся в снижении их удельных расходов.

Подтверждением повышения эффективности использования материальных ресурсов в народном хозяйстве Республики Беларусь служат также данные о динамике материалоемкости производства в стоимостном выражении за последние годы (рис. 1).

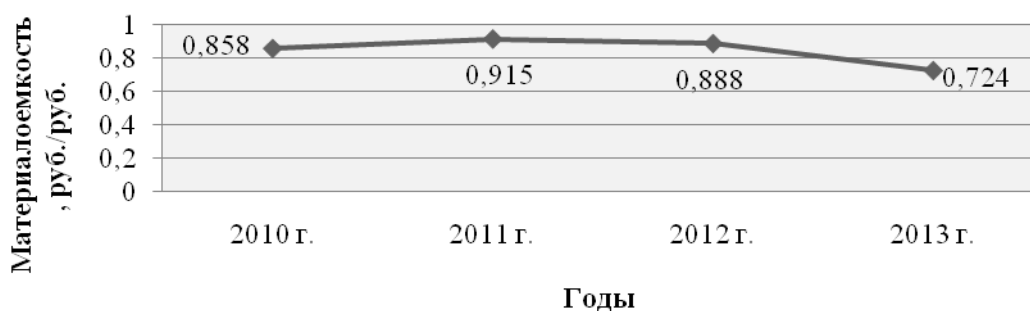


Рис. 1. Стоимостные показатели материалоемкости по народному хозяйству Республики Беларусь за период 2010–2013 гг.

Примечание: разработано автором на основе материалов источника [1].

По результатам проведенного анализа стоимостных значений материалоемкости в целом можно отметить тенденцию к снижению данного показателя на протяжении исследуемого периода. Несмотря на значительный рост материалоемкости в 2011 г., данный показатель в последние годы по-прежнему продолжает снижаться по сравнению с уровнем 2010 г. – 0,724 р./р. против 0,858 р./р.

Однако, несмотря на сокращение материалопотребления по народному хозяйству в целом, промышленность Республики Беларусь остается в значительной степени материалоемкой. Важность проблемы повышения эффективности материалопотребления для Республики Беларусь обусловлена следующими обстоятельствами.

Во-первых, высоким удельным весом материальных затрат в структуре затрат на производство продукции промышленных предприятий (табл. 2). Уменьшение удельных расходов материальных ресурсов позволит предприятиям снизить себестоимость продукции, что повлечет повышение прибыли и рентабельности.

Во-вторых, экономное и рациональное потребление материалов создаст условия для выпуска дополнительного количества продукции при неизменности затрат ресурсов. Увеличение объема производства, в свою очередь, приведет к росту фондоотдачи и производительности труда и повышению эффективности работы как отдельного предприятия, так и народного хозяйства в целом.

**Удельный вес материальных затрат в структуре затрат на производство продукции (работ, услуг) организаций промышленности по видам экономической деятельности за период 2012–2013 гг.**

Вид экономической деятельности	Удельный вес материальных затрат, %	
	2012	2013
1. Промышленность	80,3	73,8
В том числе:		
А. Горнодобывающая промышленность	60,8	60,8
Б. Обрабатывающая промышленность	80,3	75,5
– производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	83,7	80,6
– текстильное и швейное производство	58,5	54,2
– производство кожи, изделий из кожи и производство обуви	68,6	64,5
– обработка древесины и производство изделий из дерева	63,6	63,6
– целлюлозно-бумажное производство. Издательская деятельность	69,4	64,2
– производство кокса, нефтепродуктов и ядерных материалов	93,8	88,8
– химическое производство	77,6	70,1
– производство резиновых и пластмассовых изделий	79,8	76,1
– производство прочих неметаллических минеральных продуктов	72,0	68,8
– металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	81,3	77,0
– производство машин и оборудования	73,9	69,4
– производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования	69,2	64,4
– производство транспортных средств и оборудования	78,7	73,7
– прочие отрасли промышленности	73,1	67,6
2. Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	81,8	63,8

*Примечание:* таблица составлена автором на основе материалов источника [3].

По результатам проведенного в табл. 2 анализа удельного веса материальных затрат в затратах на производство продукции можно сделать вывод о достижении промышленными предприятиями Республики Беларусь значительного снижения удельных затрат на производство продукции. Так, в 2013 г. практически по всем видам экономической деятельности наблюдается снижение удельного веса материальных затрат в затратах на производство продукции промышленных предприятий. В то же время по ряду отраслей промышленности, таким как горнодобывающая промышленность, обрабатывающая промышленность, не представляется возможным выявить однозначную тенденцию изменения удельного веса материальных затрат, поскольку они не изменились в анализируемом периоде, несмотря на значительный рост объема производства.

С целью повышения эффективности промышленности в Республике Беларусь разработана Программа развития промышленного комплекса на период до 2020 г., в

которой определены приоритетные направления снижения материалоемкости в промышленности, а также источники ее снижения. К основным из них следует отнести: техническое перевооружение производства; внедрение более прогрессивных технологий и нового оборудования; применение новых конструкционных материалов; реализация мероприятий по увеличению доли используемого в производстве вторичного сырья, оптимизация технологических процессов, повседневной экономии энергоресурсов; достижение субъектами хозяйствования уменьшения норм расхода сырья и материалов.

**Л и т е р а т у р а**

1. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2014 : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь ; редкол.: В. И. Зиновский [и др.]. – Минск, 2014. – 534 с.
2. Балансы товарных ресурсов в Республике Беларусь, 2014 : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь ; редкол.: В. И. Зиновский [и др.]. – Минск, 2014. – 61 с.
3. Промышленность Республики Беларусь, 2014 : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь ; редкол.: В. И. Зиновский [и др.]. – Минск, 2014. – 273 с.

**СИСТЕМА ФАКТОРОВ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ  
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**В. С. Иванова**

*Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Н. В. Пархоменко

Устойчивое конкурентное положение лесопромышленного предприятия на внутреннем и внешнем рынках является результирующей совокупного воздействия комплекса причин или факторов, усиливающих или ослабляющих конкурентные возможности предприятия. В целях разработки и обоснования эффективных конкурентных стратегий предприятия необходима научная классификация факторов, позволяющая расширить представления о самих факторах, источниках их формирования, а также механизме действия.

Изучение зарубежной и отечественной экономической литературы позволяет констатировать, что в ней приводятся различные классификации ключевых факторов конкурентоспособности предприятия. В частности, наиболее известными являются подходы с позиций:

– во-первых, среды формирования. С этой точки зрения различают внутренние (эндогенные) и внешние (экзогенные), а также факторы микросреды и макросреды. При этом внутренние факторы отражают особенности экономического и производственного потенциала предприятия, влияют на степень прогрессивности и адекватности производственно-технической структуры требованиям конкурентной среды. Они поддаются влиянию со стороны предприятия, в то время как внешние факторы, являющиеся результатом искусственного или объективно-независимого происхождения, не поддаются воздействию, однако требуют обязательного учета в оценке конкурентоспособности. Таким образом, внешние факторы являются условиями, к которым адаптируется предприятие и на основе которых эволюционирует конкурентный сценарий и стратегия, одновременно проецируемые на несколько предприятий, однако в силу неосвязаемости ряда компонентов не могут быть развиты только за счет государственных механизмов, требуется партнерство с институтами гражданского общества;

– во-вторых, товарной составляющей конкурентоспособности. В соответствии с данным подходом различают такие факторы, как цена товара с возможной наценкой, качество продукции, рациональность ассортимента продукции, культура обслужива-

ния, имидж организации, предпродажная подготовка, метод продаж, послепродажное обслуживание, мощность сбытовой сети. Следует отметить, что факторы данной классификационной группы являются необходимым, но недостаточным, в определенной степени противоречивым условием для обеспечения конкурентоспособности. Кроме того, они применимы к достаточно непродолжительному периоду времени и имеют фиксированные границы вариации;

– в-третьих, эффективности производственной и коммерческой деятельности. Данная группа включает такие факторы, как ресурсы, производственные мощности, использование технологий, инновационные возможности, издержки по сравнению с конкурентами, потенциал высшего звена руководства, итоги предыдущего года, мощность научно-исследовательской и конструкторской базы, финансовое положение. Особенность в том, что процесс управления такими факторами носит системный характер, а результат модификации уровня конкурентоспособности можно оценить только после осуществления производственной и сбытовой деятельности;

– в-четвертых, типологии конкурентных преимуществ. Так, различают факторы политико-административные, законодательно-регулятивные, экономические, институциональные, научно-технические, природные или географические, инфраструктурные, социально-демократические, социокультурные, международные. Нельзя не отметить, что такие типизированные факторы локализованы в применении, строго регламентированы ведомственными органами, а также не подвержены воздействию со стороны организаций.

Разные авторы в зависимости от своих научных взглядов и области научных исследований обосновывают и конкретизируют набор факторов, определяющих конкурентоспособность организации и выпускаемой продукции. Наиболее подробный набор факторов конкурентоспособности организации, широко используемый при проведении стратегического анализа и маркетинговых исследований, приведен в работах Артура А. Томпсона-мл., Дэвида Крвенса и Е. П. Голубкова [1], [2]. Остальные авторы в той или иной мере используют основные положения отмеченных работ, пытаются развить или сократить их для конкретных направлений деятельности. С учетом рассмотренных вариантов, а также особенностей продукции и предприятий лесопромышленного комплекса, нами предлагается подход к классификации, в соответствии с которым выделены классификационные группы, представленные на рис. 1.



Рис. 1. Факторы конкурентоспособности лесопромышленного предприятия

Нами выполнено исследование особенностей влияния предложенных факторов на уровень конкурентоспособности предприятия лесопромышленного комплекса (см. таблицу).

**Механизм влияния факторов на уровень конкурентоспособности предприятия лесопромышленного комплекса**

Наименование фактора	Результат позитивного влияния
<b>1. Внутренние, в том числе:</b>	
1.1. Качество продукции	Обеспечение соответствия параметров продукции требованиям потребителей; увеличение дохода (выручки) и прибыли, при неизменной себестоимости за счет расширения сбыта и увеличения объема продаж; повышение конкурентоспособности продукции на внутреннем и внешнем рынках; увеличение экспорта
1.2. Состояние лесного фонда предприятия	Снижение капитальных затрат на улучшение земель; улучшение качественных характеристик продукции; снижение затрат на производство; повышение эффективности производственной деятельности
1.3. Финансовое состояние предприятия	Повышение уровня платежеспособности, ликвидности, деловой активности; обеспечение необходимых параметров экономической безопасности
1.4. Сбытовая деятельность	Увеличение объемов реализованной продукции; повышение эффективности коммерческой деятельности; расширение сбытовой сети
1.5. Кадровая политика	Стабильность персонала предприятия; снижение текучести кадров; рост показателей производительности труда; повышение степени удовлетворенности трудом; снижение издержек на подбор и адаптацию персонала
1.6. Природоохранная деятельность	Уменьшение суммы экологического налога; улучшение имиджа предприятия в глазах общественности; повышение уровня социальной ответственности бизнеса и экологической устойчивости предприятия
1.7. Инновационная деятельность	Создание продукции с уникальными характеристиками; совершенствование техники и технологии производства; внедрение достижений НТП; создание экспортно-ориентированной продукции
1.8. Производственная деятельность	Достижение плановых показателей по объему и качеству выпускаемой продукции; наиболее полное использование производственного потенциала; повышение эффективности использования ресурсов

Окончание таблицы

Наименование фактора	Результат позитивного влияния
<b>2. Внешние, в том числе:</b>	
2.1. Природно-климатические	Минимизация риска осуществления лесохозяйственной деятельности и повышение уровня ее доходности; увеличение площади лесосеки и объемов производства продукции
2.2. Правовые	Формирование благоприятных и стабильных правовых условий осуществления лесохозяйственной и лесопромышленной деятельности
2.3. Инфраструктурные	Снижение транспортных издержек; создание благоприятных условий функционирования организаций в условиях рыночной среды
2.4. Рыночные	Создание благоприятных конъюнктурных условий на рынках продукции, труда и капитала
2.5. Научно-технические	Увеличение доли наукоемкой продукции; повышение уровня механизации и автоматизации производства
2.6. Общественная среда	Формирование устойчивого спроса на продукцию и благоприятного имиджа предприятия
2.7. Политико-административные	Привлечение инвестиций в отрасль; возможность получения налоговых льгот и других преференций; политика протекционизма в отношении национальных производителей лесопромышленной продукции

Предлагаемая классификация учитывает большинство наиболее значимых факторов конкурентоспособности и может быть использована как инструмент для повышения эффективности деятельности предприятий лесопромышленного комплекса и создания ими долгосрочных конкурентных преимуществ.

#### Литература

1. Томпсон-мл., А. А. Стратегический менеджмент: концепции и ситуации для анализа : учебник / А. А. Томпсон-мл., А. Дж. Стрикленд III ; пер. с англ. – 12-е изд. – М. : Вильямс, 2006. – 928 с.
2. Голубков, Е. П. Основы маркетинга : учебник / Е. П. Голубков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Финпресс, 2003. – 687 с.

### ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МНОГОПРОФИЛЬНОГО АГРОПРЕДПРИЯТИЯ

**М. В. Живица**

*Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Е. А. Кожевников

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, перерабатывающие сельхозпродукцию промышленности, как правило, пространственно удалены от источников сырья, что вы-



зывает необходимость физического перемещения материальных потоков как во времени, так и в пространстве.

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.

Для экономической оценки логистической деятельности была выбрана сельскохозяйственная организация ОАО «Агрокомбинат «Южный», расположенная в д. Цегельня 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, производством мясных и колбасных изделий, полуфабрикатов и копченостей. Агрокомбинат имеет свинокомплекс, молочно-товарные фермы, мясоперерабатывающий цех, собственный цех убоя, реализует готовую продукцию через сеть фирменной торговли, которая включает в себя пять фирменных магазинов и девять торговых точек. Также к комбинату был присоединен колхоз «Ереминский» с целью обеспечения поголовья свиней зерном.

При проведении анализа логистической деятельности ОАО «Агрокомбинат «Южный» было выявлено, что внутри предприятия организована масштабная производственно-сбытовая логистика. На высоком уровне обеспечивается бесперебойная доставка кормов к свинокомплексам и молочным фермам, от которых, в свою очередь, скот перевозится к цехам убоя. Затем туши поступают в мясоперерабатывающий цех, после чего продукция доставляется в магазины и торговые точки, т. е. до потребителя.

Агропредприятие использует автомобильный транспорт для осуществления перевозок готовой продукции в различные оптовые и розничные торговые точки по г. Гомелю и Гомельской области.

В обслуживании потребителей задействовано 11 автомашин (преимущественно с бензиновыми двигателями). Для доставки продукции в торговые точки города и оптовикам в городе используются мало- и среднетоннажные автомашины, а для доставки продукции оптовым посредникам в регионах применяются крупнотоннажные автомобили.

Процесс управления сбытовой логистикой ОАО «Агрокомбинат «Южный» состоит из анализа рынка, исследования и выбора целевых рынков, планирования стратегии и тактики сбытовой деятельности, организации выполнения и контроля за эффективностью управления сбытом. Одна из задач сбытовой логистики заключается в выявлении неудовлетворенных запросов покупателей – чтобы ориентировать производство на удовлетворение этих запросов. Сбытовая логистика означает разработку, производство и сбыт того, на что действительно есть потребительский спрос. Таким образом, система сбытовой логистики ставит производство товаров в функциональную зависимость от запросов и требует производить товары в ассортименте и объеме, нужных потребителю.

Для осуществления плана сбытовой логистики разрабатывается комплекс мер, поддающихся контролю и позволяющих логистической службе вызвать желаемую ответную реакцию со стороны рынка. В комплекс таких мер входит все, что может предпринять производитель для оказания воздействия на спрос. Это позиционирование товара на рынке, возможность выбора товара, ценообразование, каналы товародвижения, методы стимулирования сбыта. К функциональным подразделениям, занимающимся управлением системы сбыта продукции ОАО «Агрокомбинат «Южный», относятся: отдел маркетинга – планирование, организация, анализ; центральная бухгалтерия – учет; директор, главный инженер – координация, регулирование, контроль. Распределение функций управления сбытовой логистикой между подразделениями представлено в таблице.

**Распределение функций управления сбытовой логистикой  
между подразделениями**

Функциональное подразделение	Функция управления						
	Целеполагание и определение стратегии	Планирование	Организация управления, координация, регулирование	Мотивация и построение системы стимулирования работников	Учет	Анализ	Контроль
Директор	x	–	x	–	–	–	x
Главный инженер	x	–	x	x	–	–	x
Отдел маркетинга	–	x	x	x	–	x	–
Бухгалтерия	–	–	–	x	x	x	x

В условиях насыщенности потребительского рынка действующее в агрокомбинате мясоперерабатывающее производство обеспечивает выработку конкурентоспособной продукции за счет высокого качества и более низкой цены по сравнению с аналогичными предприятиями. В цехе переработки при их производстве используются только натуральные добавки, разработан широкий ассортимент выпускаемой продукции, отгрузка ведется непосредственно в торговую сеть в фирменные магазины предприятия, через которые реализуется более 70 % производимой продукции.

Вкусы потребителей с течением времени становятся более избирательными, и их изменения необходимо учитывать производителям продукции не только при краткосрочном планировании производства, но и при разработке стратегий развития. Под конкурентной стратегией предприятия подразумевается стратегия завоевания рынка и удержания преимуществ над конкурентами.

В ходе анализа логистической деятельности была проведена экономическая оценка эффективности сбытовой логистики ОАО «Агрокомбинат «Южный» за период времени с 2012 по 2014 г. В ходе оценки было выявлено, что сбыт продукции ведется эффективно, о чем свидетельствуют результаты работы агропредприятия: выручка от реализации продукции имеет устойчивую тенденцию роста. В 2013 г. по сравнению с 2012 г. выручка выросла на 9,62 %, в 2014 г. по сравнению с 2013 г. – на 26,91 %. Себестоимость реализо-

ванной продукции также имеет тенденцию роста. В 2013 г. по сравнению с 2012 г. себестоимость выросла на 37,29 %, а в 2014 г. по сравнению с 2013 г. – на 5,29 %. Это свидетельствует о том, что на рост показателей влияет не только инфляция. На предприятии ведется работа по снижению затрат. Подтверждением таких выводов служит увеличение прибыли от реализации, причем темпами, значительно опережающими темп роста затрат на реализацию. Проведенный факторный анализ также свидетельствует об эффективности логистики сбыта в ОАО «Агрокомбинат «Южный».

Что касается структуры сбыта, то наибольшую долю колбасных изделий и мясных полуфабрикатов ОАО «Агрокомбинат «Южный» реализует через сеть прочих потребителей и сеть фирменной торговли. Наименьший удельный вес приходится на экспорт.

Основными конкурентами по основным видам мясных и колбасных изделий ОАО «Агрокомбинат «Южный» являются другие сельскохозяйственные организации г. Гомеля и Гомельского района, производители Республики Беларусь, прочие производители ближнего зарубежья (Украина, Российская Федерация).

Также была проведена оценка использования производственных мощностей. Агрокомбинат располагает возможностью наращивать объемы производства и сбыта продукции. А значит, службе маркетинга агрокомбината необходимо сосредоточить свои усилия на расширение рынков сбыта и увеличение реализации продукции.

Исходя из краткого анализа логистической деятельности предприятия за период с 2012 по 2014 г., можно сделать следующие выводы:

1. Система логистической деятельности на ОАО «Агрокомбинат «Южный» находится на стадии формирования и совершенствования.
2. Сбытовая логистическая деятельность данной организации в последние годы характеризуется достаточной эффективностью, но имеет резервы роста.
3. Подсистемы производственной, сервисной, складской, информационной логистики следует активнее развивать.
4. Подсистемы распределительной, транспортной, закупочной и финансовой логистики следует формировать и совершенствовать на принципах оптимальности.

#### Литература

1. Ворожейкина, Т. М. Логистика в АПК : учебник / Т. М. Ворожейкина, В. Д. Игнатов. – М. : КолосС, 2007. – 184 с.
2. Миротин, Л. Б. Логистика интегрированных цепочек поставок : учебник / Л. Б. Миротин, А. Г. Некрасов. – М. : Экзамен, 2003. – 256 с.

## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Н. В. Семуткина**

*Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Т. Г. Фильчук

Одним из наиболее значимых секторов отечественной экономики является сельскохозяйственный. Его деятельность способствует обеспечению продовольственной безопасности страны и пополнению валютных резервов государства. В последние годы удельная доля аграрного сектора в валовом внутреннем продукте Республики Беларусь превышала 8 %. Отметим, что в экономически развитых странах значение данного показателя было в 3 раза меньше.

Важным компонентом системы производства аграрной продукции являются трудовые ресурсы, от количественных и качественных характеристик которых зависят результаты работы сельскохозяйственной отрасли.

Трудовые ресурсы – это часть населения, обладающая необходимым физическим развитием, знаниями и практическим опытом для работы в хозяйстве республики. В настоящее время к трудовым ресурсам относят население в трудоспособном возрасте, т. е. мужчин 16–59 лет, женщин 16–54 лет. Трудовые ресурсы как главная и производственная сила общества представляет собой важный фактор производства, рациональное использование которого обеспечивает рост объемов производства продукции АПК и его экономической эффективности.

Сельскохозяйственный труд имеет специфические особенности, обусловленные действием технических факторов и отраслевым характером производства:

- земля как средство производства обеспечивает обширность приложения труда, его пространственную разбросанность;
- эффективность использования труда зависит от природных факторов;
- труд в сельском хозяйстве носит сезонный характер;
- работа с живыми организмами требует не только физического, умственного, но и духовного напряжения;
- многообразие видов работ и сжатые сроки их выполнения требуют универсальной квалификации работников;
- в сельском хозяйстве рабочий период не совпадает с периодом производства, поэтому результат труда проявляется через длительное время

Основная особенность использования трудовых ресурсов в сельском хозяйстве заключается в сезонности труда, являющейся результатом несовпадения периода производства и рабочего периода. Это касается главным образом растениеводства, особенно выращивания технических, овощных, плодово-ягодных культур и картофеля. Сезонность выражается в увеличении потребности в рабочей силе в период посевных работ, ухода за растениями, уборки урожая и в уменьшении такой потребности в зимний период.

В 2012 г. в сельском хозяйстве Республики Беларусь было занято 0,4 млн человек, более 9 % от общей численности работающих в масштабах страны (рис. 1). Для государства с уровнем ВВП на душу населения выше среднего, к которым относится Беларусь, доля занятых в аграрном секторе составляет 30 %. Отметим, что в странах с уровнем ВВП на душу населения высоким и ниже среднего доли лиц, занятых в сельском хозяйстве, составляют, соответственно, 4 и 46 % от общей численности работающих.

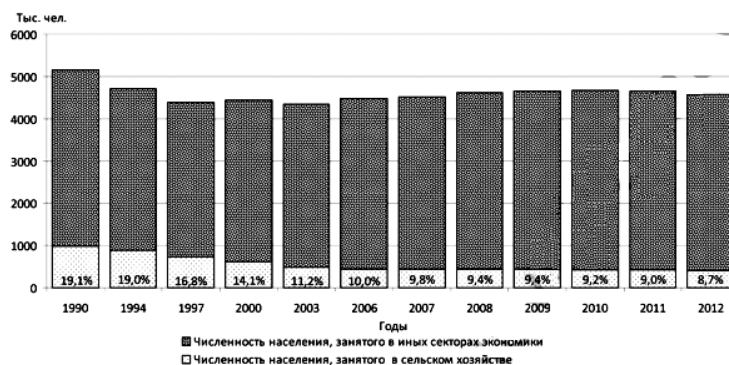


Рис. 1. Численность и структура лиц, занятых в сельском хозяйстве и иных секторах экономики Республики Беларусь в 1990–2012 гг. [2, с. 50]

## Секция VII. Экономика и управление в агропромышленном комплексе 421

Согласно представленным на рис. 1 данным, с 1990 по 2013 г. численность лиц, работающих в аграрном секторе Республики Беларусь, сократилось в 2,5 раза. Выявлено также значительное несоответствие между спросом и предложением на рынке труда в сельском хозяйстве. Количество свободных рабочих мест для работников массовых профессий (животноводов, агрономов др.) существенно превышала численность безработных, имевших соответствующие специальности.

Эффективность использования трудовых ресурсов выражается в изменении производительности труда. Показатель производительности труда является обобщающим показателем работы хозяйствующих субъектов. Для изучения производительности труда и выявления тенденций использования живого труда на протяжении определенного периода времени целесообразно применять натуральные показатели, в частности, затраты рабочего времени на единицу продукции. Значения данного показателя представлены в табл. 1.

*Таблица 1*

**Затраты труда на производство 1 ц продукции сельского хозяйства  
в 1990–2012 гг., млн чел.-ч**

Вид продукции	Годы						2012 г. +/- к 2000 г.	2012 г. в % к 2000 г.
	1990	1995	2000	2005	2010	2012		
Зерно	1,2	1,5	1,6	1,0	0,8	0,6	-1,0	38,0
Картофель	1,9	3,0	2,4	2,3	1,5	1,0	-1,4	41,7
Сахарная свекла	1,4	2,0	1,4	0,4	0,2	0,1	-1,3	7,1
Молоко	5,7	8,9	9,0	4,8	3,2	2,8	-6,2	31,5
Прирост КРС	31,0	56,7	50,5	35,9	19,8	17,2	-33,3	34,0
Привес свиней	16,2	26,9	18,3	13,9	9,9	7,8	-10,5	42,6

Из табл. 1 видно, что в сельском хозяйстве определилась тенденция снижения совокупных затрат рабочего времени: например, по зерну в 2000 г. их объем составлял 1195,1 млн чел.-ч, а в 2012 г. – 639,2 млн чел.-ч. Это положительная тенденция, которая свидетельствует о технико-технологическом переоснащении отрасли.

Важнейшим фактором, влияющим на формирование трудовых ресурсов сельскохозяйственной отрасли, является организация оплаты труда. Данные об уровне оплаты труда в сельском хозяйстве представлены в табл. 2.

*Таблица 2*

**Величина номинальной начисленной среднемесячной заработной платы  
работников, занятых в экономике и сельском хозяйстве в 2005–2013 гг.**

Показатели	Годы					
	2005	2009	2010	2011	2012	2013
Средняя заработная плата в экономике, тыс. р.	463,7	981,6	1217,3	1899,8	3676,1	5061,4
Средняя заработная плата в сельском хозяйстве, тыс. р.	303,3	686,2	840,1	1331,2	2767,7	3861,1
Соотношение средней заработной платы в целом по экономике и в сельском хозяйстве, %	152,9	143,1	144,9	142,7	132,8	131,1

Табл. 2 показывает, что существует ощутимая разница между уровнем оплаты труда работников, занятых в народном хозяйстве в целом, и работников, занятых в сельском хозяйстве. В 2005 г. была разница в 50 %, в 2013 г. она составила 31,1 %, что говорит об уменьшении данного разрыва, однако в части оплаты труда сельскохозяйственная отрасль по-прежнему остается непривлекательной.

В сельской местности имеется ряд проблем, связанных с формированием и использованием трудовых ресурсов, но основными остаются сезонность многих проводимых работ, а также низкий уровень оплаты труда, что делает данную отрасль непривлекательной, и, как следствие, происходит отток молодежи из сельской местности.

Проблемой оттока молодежи из сельской местности активно занимается государство. Создаются различные программы по привлечению населения в сельскую местность, существует множество льгот для сельскохозяйственных производителей.

Для повышения привлекательности труда в сельскохозяйственной отрасли, а также решения перечисленных выше проблем необходимо реализовывать следующие меры:

- выращивать сельскохозяйственные культуры с разными сроками созревания (ранних, средних и поздних овощных культур);
- создавать и расширять инфраструктуру в сельской местности;
- развивать подсобные промыслы на сельскохозяйственных предприятиях;
- формировать на базе сельскохозяйственных организаций небольшие перерабатывающие производства, которые позволят одним и тем же рабочим заниматься сначала выращиванием сельскохозяйственных культур, а затем их переработкой;
- формировать разностороннюю специализацию рабочих кадров, позволяющую работникам быть задействованными на разных стадиях производственного цикла.

#### Литература

1. Антоненко, М. Тенденции использования живого труда для производства сельскохозяйственной продукции / М. Антоненко, О. Пашкевич, В. Левкина // Аграр. экономика. – 2013. – № 7. – С. 34–39.
2. Чеплянский, А. Предложение труда в сельском хозяйстве и факторы, его определяющие / А. Чеплянский // Аграр. экономика. – 2014. – № 4. – С. 49–54.
3. Трудовые ресурсы. – Режим доступа: <http://www.agroekonomika.ru/2010/09/4.html>. – Дата доступа: 14.03.2015.

## **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ГЛУБОКСКОГО РАЙОНА**

**М. Г. Заяц**

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки*

Научный руководитель В. В. Савченко

Под кадастровой оценкой земель понимается определение их кадастровой стоимости на определенную дату для целей, предусмотренных законодательством [1]. К таким целям относятся налогообложение, взимание арендной платы за земельные участки, находящиеся в государственной собственности и предоставленные на праве аренды, выкуп земельных участков, предоставленных на праве частной собственности, при их изъятии для государственных нужд и т. д.

Согласно ТКП 52.2.01–2011 (03150) «Оценка стоимости объектов гражданских прав. Порядок кадастровой оценки земель, земельных участков населенных пунктов Республики Беларусь» кадастровая оценка земель, земельных участков населенных пунктов 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 оценки и методов расчета стоимости;
- оценочное зонирование;
- расчет кадастровой стоимости земель, земельных участков населенных пунктов выбранными методами;
- составление и оформление отчета и заключения о кадастровой оценке [2].

Анализ рынка недвижимости сельских населенных пунктов Глубокского района производился на основании информации, содержащейся в ЕГРНИ и в реестре цен государственного земельного кадастра, в разрезе следующих сегментов:

- жилая недвижимость (с разделением на многоквартирную и усадебную);
- промышленная и коммунально-складская недвижимость;
- общественно-деловая (коммерческая) недвижимость.

Наиболее активным сегментом рынка недвижимости в сельских населенных пунктах района является рынок жилой усадебной недвижимости. В крупных сельских населенных пунктах, помимо рынка жилой усадебной недвижимости, достаточно развит рынок жилой многоквартирной недвижимости, которому в целом присущи те же тенденции, что и рынку жилой усадебной недвижимости.

В то же время недостаточное количество сведений, а также большой ценовой разброс не позволили сделать выводы о динамике и тенденции изменения цен на рынке нежилой недвижимости в сельских населенных пунктах Глубокского района.

Выбор применяемого метода (методов) оценки и методов расчета кадастровой стоимости зависит от наличия рыночной информации. Ввиду отсутствия достаточного количества рыночной информации в сельских населенных пунктах Глубокского района для расчетов применялся метод кадастровой оценки. Модель оценки строилась по наиболее развитому сегменту – рынку жилой усадебной недвижимости. Впоследствии расчет кадастровой стоимости выбранным методом производился по каждому виду использования земель.

Расчет кадастровой стоимости методом кадастровой оценки производится в следующей последовательности:

- расчет базовой стоимости земель населенного пункта по виду их использования;
- расчет кадастровых стоимостей земель оценочных зон;
- расчет кадастровых стоимостей земельных участков [2].

Расчет базовой стоимости земель населенного пункта по виду их использования производится на основании базовых стоимостей земель опорных населенных пунктов путем построения модели оценки с использованием математической статистики (корреляционно-регрессионный анализ) или экспертных методов анализа информации (метод ранга, метод анализа иерархий, метод скаляризации векторных оценок).

При этом базовая стоимость земель определяется путем интерполяции (экстраполяции) базовых стоимостей земель опорных населенных пунктов. Интерполяция (экстраполяция) осуществляется по факторам, оказывающим влияние на формирование базовых стоимостей земель на региональном уровне.

Оценочное зонирование в сельских населенных пунктах с неразвитым рынком недвижимости может проводиться в упрощенном виде. При кадастровой оценке земель сельских населенных пунктов Глубокского района земли одного сельского населенного пункта составляют одну оценочную зону.

Расчет кадастровых стоимостей земель оценочных зон производился путем умножения базовой стоимости земель населенного пункта на сводный коэффициент влияния факторов оценки, учитывающий обеспеченность (возможность подключения) централизованным газоснабжением, водоснабжением, водоотведением (канализацией), теплоснабжением, наличие асфальтированного подъезда, санитарно-защитной зоны, является ли сельский населенный пункт хутором или находится в труднодоступной местности.

Таким образом, в результате проведенной кадастровой оценки были определены кадастровые стоимости земель 400 сельских населенных пунктов Глубокского района для пяти видов использования (см. таблицу).

#### Основные статистические показатели кадастровой стоимости земель сельских населенных пунктов

Вид использования земель сельского населенного пункта	Кадастровая стоимость 1 м <sup>2</sup> земель сельских населенных пунктов, USD	
	Минимальное значение	Максимальное значение
Жилая многоквартирная зона	0,13	1,41
Общественно-деловая зона	0,15	1,66
Производственная зона	0,12	1,33
Жилая усадебная зона	0,10	1,08
Рекреационная зона	0,04	0,42
Количество оценочных зон	400	

Как видно из приведенных данных, наибольшие кадастровые стоимости 1 м<sup>2</sup> земель сельских населенных пунктов района характерны для общественно-деловой зоны. Так, среднее значение кадастровой стоимости 1 м<sup>2</sup> земель для данного функционального использования составило 0,27 USD. А наименьшие показатели имеют место при функциональном использовании земель в качестве рекреационной зоны. Среднее значение кадастровой стоимости 1 м<sup>2</sup> земель для данного функционального использования составило 0,07 USD.

#### Литература

1. Кодекс Республики Беларусь о земле от 23 июля 2008 г. № 425-3 // Консультант Плюс: Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2015.
2. Оценка стоимости объектов гражданских прав. Порядок кадастровой оценки земель, земельных участков населенных пунктов Республики Беларусь : ТКП 52.2.01–2011(03150). – Введ 01.03.2011. – Минск : БелНИЦзем, 2011. – 20 с.



## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ ЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ И ОХРАНОЙ ЗЕМЕЛЬ В ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

**В. В. Якубовская**

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки*

Научный руководитель В. В. Савченко

В условиях земельных преобразований контроль за использованием и охраной земель является важнейшим инструментом управления земельными ресурсами и регулирования земельных отношений. В переходном периоде формирования социально ориентированной рыночной экономики хорошо организованный и действенный контроль за использованием и охраной земель как функция государственного регулирования землепользования, с одной стороны, призван компенсировать негативные процессы формирования рыночных земельных отношений, с другой – создать условия для их развития, в первую очередь, путем охраны и повышения гарантий соблюдения прав и стимулирования добросовестных пользователей, владельцев и собственников земли [1].

На основе статистических данных можно провести количественную оценку эффективности осуществления отдельных стадий государственного контроля за использованием и охраной земель в форме сравнения. Она позволяет вынести суждения о количественной стороне сравниваемых величин на уровне общих тенденций.

Например, показателем цели нормы, устанавливающей обязанность нарушителей земельного законодательства обеспечить устранение правонарушений, является отношение количества устраненных нарушений к количеству выявленных.

Согласно имеющейся информации в течение 2013 г. эффективность ведения государственного контроля за использованием и охраной земель на территории Гомельской области в части устранения выявленных правонарушений в различных районах колебалась от 0,94 до 0,99 (табл. 1).

*Таблица 1*

### Оценка устранения выявленных нарушений земельного законодательства на территории Гомельской области в 2013 г.

Наименование района (города)	Выявлено нарушений, количество ( $N_1$ )	Устранено нарушений, количество ( $N_2$ )	$N_2/N_1$
Брагинский	41	40	0,98
Буда-Кошелевский	105	102	0,97
Ветковский	67	66	0,99
Гомельский	249	238	0,96
Добрушский	156	149	0,96
Ельский	66	62	0,94
Житковичский	102	98	0,96
Жлобинский	207	198	0,96
Калинковичский	124	115	0,93
Кормянский	54	51	0,94
Лельчицкий	82	77	0,94
Лоевский	68	64	0,94
Мозырский	182	175	0,96
Наровлянский	60	59	0,98

Окончание табл. 1

Наименование района (города)	Выявлено нарушений, количество ( $N_1$ )	Устранено нарушений, количество ( $N_2$ )	$N_2/N_1$
Октябрьский	81	77	0,95
Петриковский	156	148	0,95
Речицкий	189	180	0,95
Рогачевский	120	114	0,95
Светлогорский	95	92	0,97
Хойникский	61	59	0,98
Чечерский	98	96	0,98
г. Гомель	231	222	0,96
<i>Итого</i>	2594	2485	0,96

Однако данная методика позволяет определить эффективность лишь одной стадии осуществления государственного контроля за использованием и охраной земель – устранения выявленных нарушений земельного законодательства. Для определения эффективности работы госинспекторов по выявлению земельных правонарушений целесообразно находить количество выявленных правонарушений, приходящихся на тысячу землепользований, либо площадь земель с выявленными нарушениями земельного законодательства в расчете на 100 га административно-территориальной единицы (табл. 2).

Таблица 2

**Оценка работы специалистов землеустроительных служб Гомельской области по выявлению земельных правонарушений в 2013 г.**

Наименование района (города)	Площадь ( $S_1$ ), га	Количество землепользователей ( $N_1$ )	Площадь, на которой выявлены нарушения ( $S_2$ ), га	Количество выявленных нарушений ( $N_2$ )	$N_2/N_1 * 1000$	$S_2/S_1 * 100$
Брагинский	196046	7480	60,0000	41	5,48	0,31
Буда-Кошелевский	159450	16876	19,7200	105	6,22	0,12
Ветковский	155862	9523	254,7150	67	7,04	1,63
Гомельский	195579	67140	262,5820	249	3,71	1,34
Добрушский	145272	37949	11,1926	156	4,11	0,08
Ельский	136568	6592	4,6362	66	10,01	0,03
Житковичский	291627	11704	10,6155	102	8,71	0,04
Жлобинский	211077	26491	93,1736	207	7,81	0,44
Калинковичский	275624	20934	65,2299	124	5,92	0,24
Кормянский	94915	4160	10,0700	54	12,89	0,11
Лельчицкий	322131	10504	10,0000	82	7,81	0,11
Лоевский	104553	6907	85,6582	68	9,85	0,82
Мозырский	160347	28842	10,9564	182	6,31	0,07
Наровлянский	158882	3994	2,7277	60	15,02	0,02
Октябрьский	13849	8002	46,8514	81	10,12	3,38
Петриковский	283767	8690	3,3356	156	17,95	0,01

Наименование района (города)	Площадь ( $S_1$ ), га	Количество землепользователей ( $N_1$ )	Площадь, на которой выявлены нарушения ( $S_2$ ), га	Количество выявленных нарушений ( $N_2$ )	$N_2/N_1*1000$	$S_2/S_1*100$
Речицкий	271395	47445	129,8877	189	3,98	0,48
Рогачевский	206699	20212	1,0430	120	5,94	0,01
Светлогорский	189991	31147	6,4868	95	3,05	0,03
Хойникский	202774	7852	10,0015	61	7,77	0,05
Чечерский	122988	7854	10,0000	98	12,48	0,08
г. Гомель	13534	39209	4,8262	231	5,89	0,36

Согласно приведенным данным, наибольшее количество административно-территориальных единиц (12 или 50 %) входит в группу с выявленным числом нарушений земельного законодательства от 5,01 до 10,00 в расчете на 1000 землепользователей. Четыре административно-территориальные единицы включены в группу до 5,00 выявленных нарушений на 1000 землепользователей, что составляет 18 %. Шесть административно-территориальных единиц (32 %) входит в группу с количеством выявленных правонарушений более 10,00 на 1000 землепользователей.

При этом наибольшее количество выявленных в 2013 г. нарушений земельного законодательства на 1000 землепользователей отмечено в Петриковском (17,95) и Наровлянском (15,02) районах, в то же время наименьшие показатели имеют место в Светлогорском (3,05), Гомельском (3,71) и Речицком (3,98) районах Гомельской области. На рис. 1 приведен ранжированный ряд административно-территориальных единиц Гомельской области по количеству выявленных правонарушений на 1000 землепользователей.

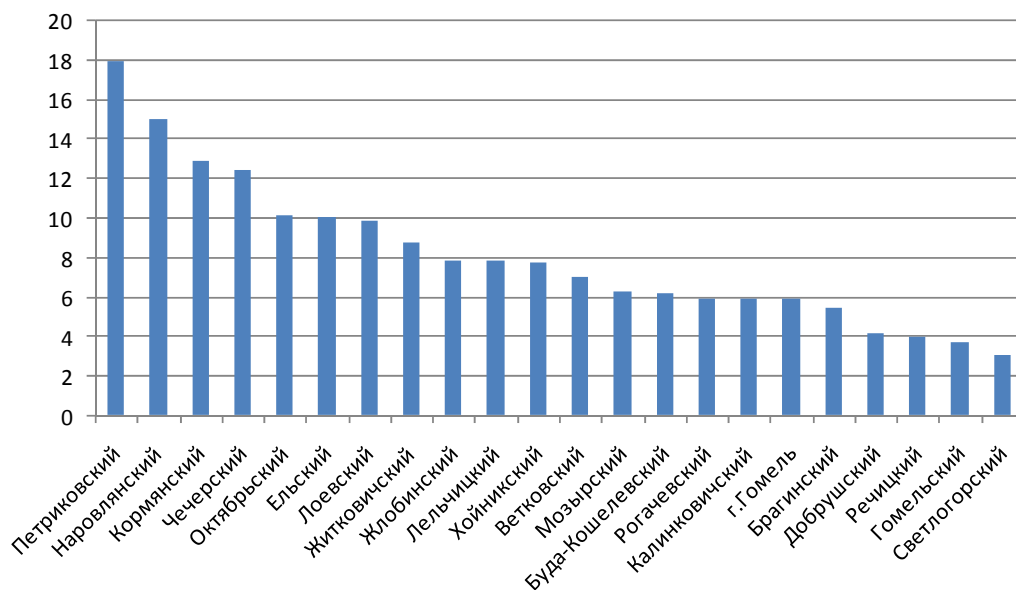


Рис. 1. Ранжирование административно-территориальных единиц Гомельской области по количеству выявленных в 2013 г. нарушений земельного законодательства в расчете на 1000 землепользователей

Анализируя площадь земельных участков с выявленными нарушениями земельного законодательства на 100 га площади административно-территориальной единицы, следует отметить, что наибольшие показатели за 2013 г. отмечаются в Октябрьском (3,38) районе, а наименьшие (0,01) – в Петриковском и Рогачевском районах.

Согласно приведенным данным, на территории Гомельской области существенно активизировалась работа специалистов землеустроительных служб исполнительных комитетов по осуществлению государственного контроля за использованием и охраной земель и выявлению нарушений земельного законодательства. При этом необходимо приложить больше усилий по профилактике земельных правонарушений, так как одной из основных функций государственного контроля является превентивная – выявление причин и условий, способствующих совершению нарушений, и разработка и осуществление мероприятий по их предупреждению.

#### Литература

1. Помелов, А. Вопросы эффективности государственного контроля за использованием и охраной земель / А. Помелов, Л. Карпиевич, В. Савченко // Земля Беларуси. – 2005. – № 2. – С. 17–23.

## **ТРАНСФЕР ЗНАНИЙ КАК КЛЮЧЕВАЯ ЗАДАЧА УНИВЕРСИТЕТА**

**Ю. Г. Гвоздь**

*Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель С. Е. Астраханцев

Сформировавшаяся к началу XXI в. глобальная экономика, основанная на знаниях, заставляет университеты искать новые, адекватные внешним условиям модели развития. Новые задачи общественного развития дают университетскому сообществу дополнительные возможности для реализации его интеллектуального потенциала.

В развитых странах университетам отводится ключевая роль экономических двигателей в процессах создания новых знаний, их передачи в неакадемический сектор и коммерциализации. Одновременно университеты непосредственно влияют на развитие предпринимательского общества, обогащая студентов соответствующими умениями и навыками, поэтому деятельность по трансферу знаний относится к ключевым компонентам развития университета.

Трансфер знаний призван обеспечить передачу знаний, включая технологии, опыт и навыки, от университета к внешним заказчикам – предприятиям, общественным и государственным структурам, приводя к инновациям в экономике и общественной сфере. Он возможен при условии, если в университете на самом высоком уровне реализуются традиционные направления деятельности – научные исследования и образование.

Существуют различные формы трансфера знаний, такие как совместные исследовательские проекты университетов и компаний (например, контрактные исследования), права на интеллектуальную собственность и дочерние предприятия, мобильность студентов и сотрудников, консалтинг и т. д., а также «легкие» формы трансфера знаний, такие как посещение конференций и создание электронных сетей. Несмотря на это разнообразие способов обмена знаниями между участниками делового процесса, управление трансфером знаний применимо только к контрактным исследованиям, правам на интеллектуальную собственность и дочерним предприятиям, а также, косвенно, к исследовательскому сотрудничеству. Особое внимание в

этих переходных процессах уделяется роли университетских организаций, занимающихся трансфером знаний, так как инициативные идеи в вышеперечисленных областях чаще всего внедряются именно при их поддержке.

Трансфер знаний включает в себя два основных процесса: реализацию рыночно-ориентированных образовательных программ и коммерциализацию результатов научных исследований.

Первый компонент трансфера знаний связан с разработкой и реализацией востребованных рынком инновационных образовательных программ, позволяющих заказчику получить от их реализации необходимый экономический эффект.

Процессы трансфера знаний, связанные с коммерциализацией результатов научной деятельности, могут включать организацию научных исследований в рамках договоров, заключенных с организациями и предприятиями, использование прав интеллектуальной собственности на результаты научных разработок университета (лицензирование, создание спин-офф компаний), участие в национальных и региональных программах развития, работу технологических инкубаторов и научных парков.

Выделяются следующие основные механизмы, посредством которых может осуществляться университетский трансфер знаний:

- совместные и договорные научные исследования;
- лицензирование;
- создание инновационных предприятий (спин-аут компаний);
- программы дополнительного профессионального образования;
- консультативная деятельность.

Подходы к оценке эффективности каждого из механизмов университетского трансфера знаний:

*Совместные и договорные научные исследования*

К совместным исследованиям относятся структурированные научно-исследовательские проекты, в которых кроме самого вуза участвуют еще два или более партнеров и в ходе реализации которых все участники совместно работают над достижением общей цели посредством обмена знаниями, взаимного обучения и поиска консенсуса.

Договорными считаются научные исследования, направленные на решение задач, поставленных заказчиком.

Для оценки успешности и значимости результатов совместных и договорных исследований как механизмов трансфера знаний используются количественные и качественные характеристики.

К основным количественным показателям измерения эффективности данного механизма трансфера знаний относятся:

- число контрактов или грантов на проведение совместных исследований;
- стоимость/доход от реализации грантов или контрактов на проведение совместных исследований;
- занимаемая доля рынка.

*Лицензирование*

Лицензирование представляет собой заключение формального соглашения, обуславливающего передачу технологии от одной стороны к другой.

Лицензирование, наряду с созданием спин-аут компаний, является действенным методом использования прав интеллектуальной собственности, создаваемых вузами.

К основным количественным характеристикам данного механизма трансфера знаний относятся:

- число лицензионных соглашений;

– доход, полученный вузом от реализации лицензионных соглашений.

*Создание инновационных предприятий (спин-аут компаний)*

Создание инновационных предприятий (или спин-аут компаний) с участием вузов является одним из важнейших механизмов трансфера знаний, особенно с точки зрения трансфера технологий и использования прав интеллектуальной собственности. Спин-аут компании создаются в целях эксплуатации прав интеллектуальной собственности, созданных в вузе.

Для оценки успешности деятельности вуза по созданию спин-аут компаний используются следующие количественные индикаторы:

- объем привлеченных инвестиций;
- размер привлеченного дохода;
- рыночная стоимость компании;
- количество созданных предприятий;
- стоимость предприятий при продаже.

*Программы дополнительного профессионального образования*

Программы дополнительного профессионального образования являются инструментом, с помощью которого представители профессиональной среды поддерживают, совершенствуют и расширяют свои знания и навыки, а также развивают личностные характеристики, востребованные в их профессиональной деятельности.

Таким образом, программы дополнительного профессионального образования могут являться важной частью университетского трансфера знаний, поскольку они обеспечивают прямую передачу знаний от профессорско-преподавательского состава различным профессиональным средам.

К основным количественным характеристикам данного механизма трансфера знаний в университете относятся:

- доход вуза от реализации программ дополнительного профессионального образования;
- число реализованных программ;
- количество человек, прошедших обучение по программам.

*Консультативная деятельность*

Оказание консультативных услуг заказчикам, или консалтинг, является важным механизмом трансфера знаний в вузе. Консалтинг определяется как предоставление экспертных советов и консультаций на основе интенсивного интеллектуального вклада, обеспечиваемого вузом для клиента.

Важной характерной чертой оказания консультативных услуг является обеспечение прямого взаимодействия между профессорско-преподавательским составом вуза и представителями профессиональной среды. Благодаря этому консалтинг может становиться базой для формирования новых долгосрочных партнерских отношений с использованием других механизмов трансфера знаний.

Для определения успешности и эффективности оказания вузом консультативных услуг как одного из механизмов трансфера знаний используются следующие количественные характеристики:

- число реализуемых договоров консалтинга;
- доход от реализации договоров консалтинга;
- количество инновационных бизнес-проектов, появляющихся в результате реализации договоров консалтинга.

Важнейшее значение в эффективности процессов трансфера знаний имеет наличие соответствующей организационной инфраструктуры в университете, выполняющей роль «буфера обмена» между внешними заказчиками и подразделениями

университета, его преподавателями и учеными. Ключевым элементом такой инфраструктуры является отдел трансфера знаний, цель которого заключается в раскрытии коммерциализуемого потенциала университета для внешних заказчиков. Специалисты, занимающиеся организацией трансфера знаний в университете, должны обладать как навыками общения с представителями академической среды (учеными и преподавателями университета), так и способностью эффективно взаимодействовать с предприятиями и организациями, т. е. говорить на «языке бизнеса». От инициативности и профессионализма сотрудников отдела трансфера знаний во многом зависит эффективность университетского трансфера знаний в целом. Большую роль также играет создание системы мотивации сотрудников университета к участию в деятельности по трансферу знаний и формирование общеуниверситетской «культуры трансфера знаний».

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМБИНИРОВАНИЯ  
ЭНЕРГОПРОИЗВОДСТВА НА БАЗЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЯ МЯСОМОЛОЧНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ (НА ПРИМЕРЕ  
ОАО «КАЛИНКОВИЧСКИЙ МЯСОКОМБИНАТ»)**

**А. В. Засименко, В. А. Мороз**

*Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научные руководители: Т. В. Алферова, О. А. Полозова

Одним из наиболее эффективных и современных направлений снижения энергетической составляющей себестоимости выпускаемой продукции является комбинированное энергопроизводство на базе использования вторичных энергоресурсов предприятия.

Рассмотрим целесообразность применения тригенерационной биогазовой установки, работающей на отходах мясоперерабатывающего производства ОАО «Калинковичский мясокомбинат», для покрытия собственных нужд предприятия в электрической, тепловой энергии и холоде.

В настоящее время энергоснабжение предприятия осуществляется по стандартной схеме: электроснабжение и собственная котельная. Общий коэффициент полезного действия (КПД) такой схемы составляет 58 %.

Затраты предприятия на холодоснабжение составляют более 50 % потребляемой электроэнергии, поэтому основное внимание нужно обратить на работу холодильных установок.

Модернизация предприятия ОАО «Калинковичский мясокомбинат» на базе тригенерационной установки позволяет организовать максимально эффективную схему энергоснабжения предприятия, при этом увеличив коэффициент полезного действия установки до 90 %.

В качестве электрогенерирующего оборудования на производстве ОАО «Калинковичский мясокомбинат» предлагается использование когенерационного модуля JMS412GS-N/B.LC производства GEJenbacher (Австрия).

Агрегат характеризуется высокой удельной мощностью, высоким КПД и может функционировать по двухфазному режиму: природный газ/биогаз. Основные технические показатели установки представлены в табл. 1.

Таблица 1

## Технические показатели когенерационного модуля JMS412GS-N/B.LC

Наименование показателя	Единицы измерения	Значение
Теплотворная способность биогаза	кВт*ч/нм <sup>3</sup>	7,5
Нагрузка	%	100
Подведенная мощность	кВт	1977
Расход газа	нм <sup>3</sup> /ч	264
Электрическая выходная мощность	кВт	844
Тепловая мощность	кВт	865
Расход смазочного масла	кг/ч	–
Электрический КПД	%	42,69
Тепловой КПД	%	43,75
Общий КПД	%	86,44
Срок службы	лет	28

Для генерации холодной воды с температурами 7–12 °С предлагается установить одноступенчатую абсорбционную холодильную машину BROADBDH-30 на горячей воде хладопроизводительностью 302 кВт.

Источниками сырья для выработки биогаза и последующей генерации энергии на предприятии ОАО «Калинковичский мясокомбинат» могут служить отходы бойни: жир из жироловок, жир чистый.

Суточный выход биогаза на 1 т сырья из различного сырья в ОАО «Калинковичский мясокомбинат» представлен в табл. 2.

Таблица 2

## Суточный выход биогаза из различного сырья в ОАО «Калинковичский мясокомбинат»

Тип сырья	Выход газа на 1 т сырья, м <sup>3</sup> /т	Количество, т/сут.	Суточный выход газа, м <sup>3</sup> /сут.
Отходы бойни (кровь, каныга, мягкие ткани)	500	7,1	3550
Жир чистый	1300	0,8	1040
Жир из жироловок (жировая пульпа)	250	0,06	15
<i>Итого</i>			4605

Количество биогаза, которое можно получить из собственного сырья, составляет в среднем  $V_6 = 4605 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Для увеличения выхода биотоплива используется добавка ZorgEnzym – смесь из энзимов, пробиотиков и микроэлементов (производство Германия).

Применение добавки позволяет:

- а) увеличить выход биогаза до 40 % без изменения конструкции установки;
- б) снизить трудоемкость работы оператора за счет стабилизации процесса сбраживания;
- в) повысить содержание метана в биогазе.



**Секция VII. Экономика и управление в агропромышленном комплексе 433**

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 – 57 у. е./кг.

С учетом действия добавки годовой выход биогаза составит:

$$V_{\text{год}} = 365 \cdot 1,4 V_6 = 365 \cdot 1,4 \cdot 4605 = 2353155 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1)$$

Годовая потребность когенерационного модуля в топливе:

$$G_{\text{год}} = GT_{\text{уст}}^{\text{э}} = 264 \cdot 8500 = 2244000 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2)$$

где  $G$  – расход газа когенерационным модулем, м<sup>3</sup>/ч;  $G = 264$  м<sup>3</sup>/ч;  $T_{\text{уст}}^{\text{э}}$  – число часов использования установившейся электрической мощности, ч/год;  $T_{\text{уст}}^{\text{э}} = 8500$  ч/год;

На основании полученных результатов расчета можно сделать вывод, что количество выработанного биогаза позволяет полностью обеспечить потребности тригенерационной установки в топливе.

При этом себестоимость биогаза  $C_6 = 20$  у. е./тыс. м<sup>3</sup> (по статистическим данным). Для сравнения, стоимость природного газа составляет  $C_{\text{пр.г}} = 205$  у. е./тыс. м<sup>3</sup>.

Капиталовложения, необходимые для реализации данного проекта, приведены в табл. 3.

Оценку экономической эффективности и срока окупаемости тригенерационной биогазовой установки производим по рекомендациям, изложенным в [1]. Результаты расчетов представлены в табл. 4.

На основании полученного значения динамического срока окупаемости  $T_{\text{ок.дин}} = 7,3$  лет данный проект является экономически эффективным и рентабельным. Кроме того, вместо первичных энергоресурсов предполагает использование вторичных – биотоплива.

Таблица 3

**Капиталовложения в тригенерационную биогазовую установку на ОАО «Калинковичский мяскокомбинат»**

Показатели	Единица измерения	Значение
Стоимость оборудования с учетом транспортных расходов, $C_{\text{об}}$	у. е.	1130000
НДС, 20 % $C_{\text{об}}$	у. е.	226000
<i>Итого по приобретению оборудования</i>	у. е.	1356000
Стоимость строительно-монтажных работ, включая реконструкцию здания, тепловые сети и прочее, $C_{\text{см.р}} = 25\% C_{\text{об}}$	у. е.	339000
Стоимость пуско-наладочных работ, $C_{\text{пн.р}} = 5\% C_{\text{об}}$	у. е.	67800
Стоимость проектных работ, $C_{\text{проект}} = 5\% C_{\text{см.р}}$	у. е.	16950
<i>Итого капиталовложений</i>	у. е.	1779750

## Оценка экономической эффективности и срока окупаемости мероприятий

Показатели	Единицы измерения	Значение
Годовая выработка электроэнергии при $T_{\text{уст}}^{\circ} = 8500$ ч	млн кВт · ч/год	7,031
Отпущенная тепловая энергия за год при $T_{\text{уст}}^{\circ} = 5620$ ч	Гкал/год	4054,353
Годовые эксплуатационные расходы (текущие издержки) для производства энергии, в том числе:	у. е./год	168100,35
– годовые затраты на топливо	у. е./год	44880
– ежегодные амортизационные отчисления	у. е./год	63562,5
– годовые издержки по заработной плате с учетом отчислений на социальные нужды (6 человек)	у. е./год	48456
– прочие материальные затраты	у. е./год	11201,85
Годовой расход условного топлива на отпуск электрической энергии	т у.т./год	664,938
Годовая экономия условного топлива от реализации проекта	т у.т./год	1570,02
Годовая экономия в денежном выражении	у. е./год	357964,56
Себестоимость 1 кВт · ч отпущенной электроэнергии	у. е.	0,239
Простой срок окупаемости	лет	4,97
Динамический срок окупаемости	лет	7,3

Использование биогазовой тригенерационной установки позволит значительно снизить энергетическую составляющую выпускаемой продукции ОАО «Калинковичский мясокомбинат».

Себестоимость производства электроэнергии с использованием тригенерационной биогазовой установки составила  $C_3 = 0,239$  у. е., что в 3,6 раза дешевле энергии, получаемой из объединенной системы «Белэнерго» ( $C_3 = 0,860$  у. е.).

Кроме того, реализация проекта позволит обеспечить эффективную утилизацию отходов животноводства, уменьшить загрязнение воздушного бассейна в районе предприятия ОАО «Калинковичский мясокомбинат», а также способствует созданию новых рабочих мест.

## Литература

1. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий. – Минск, 2003. – 49 с.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

В. П. Ключинский

*Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научные руководители: Т. В. Алферова, О. А. Полозова

Энергосбережение с каждым годом становится все более актуальной проблемой. Ограниченность энергетических ресурсов, высокая стоимость энергии, нега-

тивное влияние на окружающую среду, связанное с ее производством, – все эти факторы невольно наводят на мысль, что разумней снижать потребление энергии, нежели постоянно увеличивать ее производство, а значит, и количество проблем.

Во всем мире уже давно ведется поиск путей уменьшения энергопотребления за счет его рационального использования. Наша страна не является исключением. В Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь на 2016 г. предусматривается: повышение энергетической самостоятельности, снижение зависимости энергетики от природного газа, повышение устойчивости экономики страны к резкому повышению цен на импортируемые энергоресурсы.

Как показывает опыт, возможностей экономии энергии великое множество. Одна из наиболее действенных – энергосберегающие технологии.

Существует два вида энергосбережения: активное и пассивное.

Пассивное – это наиболее простой вариант энергосбережения. Его задача – излучать в окружающую среду как можно меньше тепла.

Активное энергосбережение представляет собой новый этап развития энергосбережения, заключающийся в обеспечении себя и электроэнергией, и теплой водой при помощи новых технологий.

В Республике Беларусь энергосберегающие дома только начинают свой путь развития. Так, например, в 2009 г. был разработан рабочий проект энергоэффективного односемейного жилого дома с деревянным каркасом (архитекторы В. И. Кожар, Т. А. Рак, инженеры Л. Н. Денисеня, К. Ю. Себежко). К настоящему времени закончено строительство 9 домов в д. Александрия-2 Шкловского района Могилевской области.

Есть и примеры многоквартирных домов с энергосберегающими технологиями, один из таких домов построен в Минске по улице Чкалова.

Конечно, они не являются домами нулевого энергопотребления, но движение в сторону экономии есть.

Был произведен расчет срока окупаемости энергосберегающего дома. Цель расчета: проверить эффективность применения энергосберегающих технологий в Республике Беларусь.

Расчет производился на конкретном, существующем доме, расположенном в г. п. Костюковка. Основные технико-экономические показатели, необходимые для расчета данного здания, приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Основные технико-экономические показатели рассчитываемого здания**

Основные параметры	Единицы измерения	Значение
Отапливаемая площадь здания	м <sup>2</sup>	120
Годовой расход электроэнергии	кВт · ч	3360
Годовой расход тепловой энергии на нужды отопления и горячего водоснабжения	ГКал	0,177
Теплопотери ограждающих конструкций	кВт · ч с м <sup>2</sup> отапливаемой площади в год	205,57

Зная, что стоимость строительства энергосберегающего дома в среднем дороже на 30 % стоимости обычного дома (на 175 долл. за 1 м<sup>2</sup>), был произведен расчет сро-

ка окупаемости энергосберегающих технологий (при условии достижения нулевого энергопотребления) для различных тарифов на электрическую и тепловую энергию. Результаты расчета представлены в табл. 2.

Таблица 2

### Результаты расчета применения энергосберегающих технологий

Сравниваемые параметры	Единицы измерения	Тариф для населения	Тариф, обеспечивающий полное возмещение экономически обоснованных затрат	Тариф, обеспечивающий полное возмещение экономически обоснованных затрат + 10 % рентабельности
Стоимость электроэнергии	р./кВт · ч	953,8	1467,5	1614,25
Стоимость тепловой энергии	р./ГКал	96424	466119,8	51273,8
Годовые затраты на электроэнергию	тыс. р.	3600	4931	5424
Годовые затраты на тепловую энергию	тыс. р.	1838	9887	10876
Суммарные годовые затраты	тыс. р.	5438	14818	16300
Срок окупаемости	лет	58	21	19

Срок службы оборудования, подверженного износу, применяемого для энергосбережения:

- теплового насоса – до 50 лет;
- солнечных панелей – 40–50 лет, контроллера и инвертера – 15–20 лет.

Можно заметить, что при использовании тарифов для населения средний срок службы активных энергосберегающих технологий примерно равен, а в некоторых случаях и меньше, чем срок окупаемости, следовательно, можно сделать вывод, что наш проект будет находиться на грани окупаемости.

Анализируя данные, полученные при использовании тарифов, обеспечивающих полное возмещение экономически обоснованных затрат на производство энергии и тарифов, учитывающих 10 % рентабельности, мы видим, что срок окупаемости приблизительно в два раза ниже срока службы оборудования. Это говорит о том, что наше оборудование сможет не только себя окупить, но и даст нам хорошую экономию денежных средств. Учитывая средний срок эксплуатации и срок окупаемости данного оборудования, экономический эффект от установки данного оборудования составит чуть более 500 долл. в год.

Из полученных данных видно, что при использовании тарифов для населения срок окупаемости почти в 3 раза выше, чем при использовании тарифов, обеспечивающих полное возмещение экономически обоснованных затрат на производство энергии. Это объясняется тем, что жильцы дома платят только 34,6 % от реальной стоимости энергии, все остальное оплачивают за нас предприятия. Это, в свою очередь, связано с применением в нашей стране перекрестного субсидирования.

Перекрестное субсидирование наносит большой экономический ущерб промышленным предприятиям, так как приводит к неоправданному увеличению себе-

стоимости производимой ими продукции, снижению рентабельности и конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках. Поэтому Республика Беларусь движется в сторону отказа от перекрестного субсидирования. Но сделать это довольно сложно, так как тарифы для населения тогда должны будут значительно вырасти. И помочь в этом нам может применение энергосберегающих технологий. Возможная схема перехода от перекрестного субсидирования при помощи энергосберегающих технологий представлена на рис. 1.

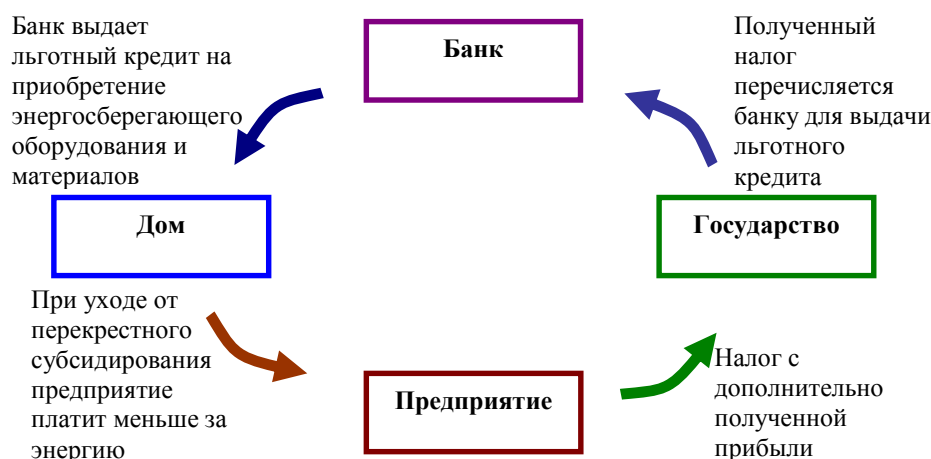


Рис. 1. Схема ухода от перекрестного субсидирования при помощи энергосберегающих технологий

Результат применения энергосберегающих технологий:

- безболезненный уход от перекрестного субсидирования;
- низкие цены на энергию для населения (сравнимые с действующими);
- снижение зависимости от импортируемых энергоресурсов;
- повышение конкурентоспособности;
- открытие новых предприятий, связанных с выпуском энергосберегающего оборудования;
- создание новых рабочих мест;
- снижение выбросов в окружающую среду.

Литература

1. Файст, В. Основные положения по проектированию пассивных домов / В. Файст. – М. : АСТ, 2011.
2. Беляев, В. Проектирование энергоэкономичных и энергоэффективных зданий / В. Беляев, Л. Хохлова. – М. : Высш. шк., 1992.
3. Бродач, М. Здание с близким к нулевому энергетическим балансом / М. Бродач, В. Ливчак // АВОК. – 2011. – № 5.
4. Гулбрандсен, Т. Энергоэффективность и энергетический менеджмент / Т. Гулбрандсен, Л. Падалко, В. Червинский. – М. : БГАТУ, 2010.
5. Трутаев, В. И. Перекрестное субсидирование в оплате за потребленную энергию на весах экономики и общественного сознания / В. И. Трутаев // Энергия и менеджмент. – М. : ПТК Техэнергосервис. – 2013. – 1 (70). – С. 2–7.

## Секция VIII МАРКЕТИНГ

---

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТОВАРОВ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ

**В. В. Матлаш**

*Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель А. Ю. Бердин

Процессы глобализации – это доминирующие новые этапы развития экономических международных отношений. Процессы глобализации основаны на росте взаимосвязанных экономик и их интеграции.

Глобализация вызвала обострение международной конкуренции. Конкуренция и расширение рынка ведут к углублению специализации и международного разделения труда, стимулирующих, в свою очередь, рост производства не только на национальном, но и на мировом уровне.

Еще одно преимущество глобализации – экономия на масштабах производства, что потенциально может привести к сокращению издержек и снижению цен, а следовательно, к устойчивому экономическому росту.

Преимущества глобализации связаны также с выигрышем от торговли на взаимовыгодной основе, удовлетворяющей все стороны, в качестве которых могут выступать отдельные лица, фирмы и другие организации, страны, торговые союзы и даже целые континенты.

Глобализация может привести к повышению производительности труда в результате рационализации производства на глобальном уровне и распространения передовой технологии, а также конкурентного давления в пользу непрерывного внедрения инноваций в мировом масштабе.

В зависимости от специфики региона видоизменяются и процессы глобализации. Для регионов, ориентированных на экспорт, процессы глобализации дают возможность использовать это преимущество для установления внешнеэкономических связей. Динамика социального экономического развития отражается в увеличении доли экспорта в валовом продукте, в повышении экспортной квоты в промышленности. Но для всех регионов заметно перенасыщение импортной продукцией и вытеснение отечественной, в частности, пищевой и легкой промышленности [4].

*Развитие конкуренции, вызванное переходом от рынка продавца к рынку покупателя*

Предприниматели стали уделять все больше внимания не самому товару, а качеству его поставки, стратегии развития логистики на своем предприятии. Улучшение работы в сфере распределения товаров не требовало таких больших дополнительных капиталовложений, как, например, освоение выпуска нового товара, и при этом обеспечивало высокую конкурентоспособность поставщика за счет снижения себестоимости, сокращения времени выполнения заказа, соблюдения согласованного графика поставок.

Денежные средства, вложенные в сферу распределения, стали влиять на положение поставщика на рынке гораздо сильнее, чем те же средства, вложенные в сферу производства. В этих условиях высокая конкурентоспособность зависела не от величины капитальных вложений, а от умения правильно организовать логистический процесс и проводить постоянное развитие логистики.

*Усложнение системы рыночных отношений и повышение требований к качеству процессов распределения продукции*

Повышение требований к качеству процессов реализации готовой продукции, вызванное жесткой конкуренцией, обусловило такие же требования со стороны производителей к поставщикам сырья, материалов, комплектующих, полуфабрикатов. В итоге образовалась сложная система связей между различными субъектами рынка, которая потребовала усовершенствования существующих моделей организации снабжения и сбыта, конечной целью стало развитие логистики. Благодаря этому начали активно разрабатываться методы и модели оптимального размещения складов, определения оптимальных партий поставок, оптимальных схем маршрутов перевозок.

Приняты меры по унификации правил внешнеэкономической деятельности, по упрощению прохождения таможенных барьеров, контроля и технологических процедур на пограничных переходах, смысл всего конечно был не только в развитии логистики, но развитию логистики также отдавалась значительная роль. Создавались международные распределительные центры, происходила концентрация перегрузочных и складских пунктов в условиях интеграции экономик стран Западной Европы, были унифицированы тары, подвижной состав и технические параметры путей сообщения, внедрялись новые технологии перевозок и обработки информации, стали использоваться автоматические системы считывания и адресации грузов. Все это значительно повлияло на развитие логистики как в нашем регионе, так и на развитие логистики во всем мире [3].

Главным вопросом является рационализация процесса физического распределения имеющегося запаса материалов. Как упаковать продукцию, по какому маршруту направить, нужна ли сеть складов (если да, то какая?), нужны ли посредники.

Здесь также поэтапно решаются следующие задачи:

- распределяются заказы между различными поставщиками при закупке товаров;
- распределяются грузы по местам хранения при поступлении на предприятие;
- распределяются материальные запасы между различными участками производства;
- распределяются материальные потоки в процессе продажи и т. д.

Распределительная работа предприятия представляет собой деятельность по планированию, контролю и управлению транспортированием, складированием и другими материальными и нематериальными операциями, совершаемыми в процессе доведения готовой продукции до потребителя в соответствии с интересами и требованиями последнего, а также передачи, хранения и обработки соответствующей информации.

Материальный поток исходит либо из источника сырья, либо из производства, либо из распределительного центра. Поступает либо на производство, либо в распределительный центр, либо конечному потребителю.

Во всех случаях материальный поток поступает в потребление, которое может быть производственным или непроизводственным.

Потребление производственное – это текущее использование общественного продукта на производственные нужды в качестве средств труда и предметов труда.

Потребление непроизводственное – это текущее использование общественного продукта на личное потребление и потребление населения в учреждениях и предприятиях непроизводственной сферы.

Поставщик и потребитель материального потока в общем случае представляют собой две микрологистические системы, связанные так называемым логистическим каналом, или иначе – каналом распределения.

Канал распределения – это совокупность организаций или отдельных лиц, которые принимают на себя или помогают передать другому право собственности на конкретный товар или услугу на пути от производителя к потребителю.

Организации или лица, составляющие каналы распределения, выполняют ряд функций. В период заключения сделок – сбор информации, необходимой для обеспечения движения товаров по каналу, принятие на себя рисков, связанных с функционированием канала. В период завершения сделок – организация товародвижения (транспортировка и складирование), изыскание и использование финансовых средств для обеспечения движения товаров по каналу, принятие на себя рисков, связанных с функционированием канала.

Каналы распределения имеют различную структуру, которая может быть охарактеризована количеством составляющих канал уровней [2].

В то же время глобальная деятельность связана с более высокой степенью риска из-за неустойчивых курсов валют, нестабильности правительств, протекционистских тарифов и торговых барьеров, а также ряда других факторов. В связи с этим компании ощущают потребность в таком подходе к принятию решений, при котором систематически учитываются потенциальные выгоды и риски международной деятельности:

- компания должна проанализировать имеющиеся возможности международного рынка. Для этого необходимо понять среду глобального рынка, особенно международную торговую систему. Нужно суметь оценить экономические, политико-правовые и культурные характеристики каждого зарубежного рынка;

- компания должна принять решение, на какие рынки выходить. Такое решение предполагает определение объема международных продаж и количества стран, в которых будет осуществляться такая продажа, при вероятном коэффициенте окупаемости капиталовложений и уровне риска;

- компания должна принять решение, как выходить на рынок (посредством экспорта, совместной предпринимательской деятельности или прямого инвестирования);

- фирма должна распределить необходимые ресурсы для первоначального закрепления и дальнейшего занятия стабильной позиции на рынке;

- фирма должна разработать свой стратегический маркетинговый план, обдумав уровень адаптации или стандартизации всех элементов маркетингового комплекса: товара, продвижения, цены и каналов распространения [1].

В целом преимущества глобализации позволяют улучшить свое положение всем партнерам, получающим возможность, увеличив производство, повысить уровень заработной платы и жизненные стандарты.

#### Литература

1. Глобальный рынок. Экономика. – Режим доступа: <http://www.vedco.ru/faq/detail.php?ID=1556106>. – Дата доступа: 22.03.2015.
2. Логистика. Каналы распределения. – Режим доступа: [http://club-energy.ru/f6\\_2.php](http://club-energy.ru/f6_2.php). – Дата доступа: 22.03.2015.
3. Предпосылки развития логистики. Логистика. – Режим доступа: [http://studme.org/10561127/logistika/predposylki\\_razvitiya\\_logistiki](http://studme.org/10561127/logistika/predposylki_razvitiya_logistiki). – Дата доступа: 21.03.2015.
4. Процессы глобализации. Мировая экономика. – Режим доступа: <http://www.webeconomy.ru/index.php?newsid=945&page=cat&type=news>. – Дата доступа: 21.03.2015.



**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОПТОВО-РОЗНИЧНОЙ СЕТИ  
ОАО «ГОМЕЛЬСКАЯ МЕБЕЛЬНАЯ ФАБРИКА «ПРОГРЕСС»  
ЗА СЧЕТ ОТКРЫТИЯ ТОРГОВОГО ДОМА В ГОРОДЕ МИНСКЕ**

**Ю. В. Полякова**

*Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Л. Л. Соловьева

В настоящее время важным становится развитие собственной розничной торговой сети. От этого зависит качество торгового обслуживания населения, темпы роста товарооборота, прибыльность предприятий. В современных условиях каждое предприятие стремится укрепить свои позиции на рынке, увеличить объемы сбыта продукции, удержать собственных клиентов, а также привлечь новых. Оценка распределительной сети предприятия как фактора, оказывающего непосредственное влияние на формирование прибыли и завоевание новых рынков, является важным условием осуществления эффективной маркетинговой деятельности предприятия.

Актуальность темы заключается в том, что собственная розничная сеть обеспечивает не только стабильные объемы реализации, но и способствует усилению маркетинговой и рекламной деятельности предприятия, что весьма важно в современных условиях существования предприятия. Объектом исследования является ОАО «Гомельская мебельная фабрика «Прогресс».

Цель работы заключается в том, чтобы выявить, как можно оптимизировать сбытовую деятельность предприятия за счет открытия Торговых домов на предприятии ОАО «Гомельская мебельная фабрика «Прогресс».

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 мебельная фабрика «Прогресс», ОАО «Могилевдрев», ЗАО «Бобруйскмебель», ОАО «Минскпроектмебель», УП «Мебельная фабрика «Лагуна», а также многими частными мебельными компаниями [1].

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 «Беллесбумпром».

Основными странами, с которыми предприятие взаимодействует на внешнем рынке, являются Россия, Казахстан, Таджикистан, Молдова, Украина. Также осуществляется незначительный экспорт продукции в Литву, Латвию. Наибольшая часть экспортируемой продукции (85 %) поставляется в Россию.

Продукция ОАО «Гомельская мебельная фабрика «Прогресс» реализуется на внутреннем рынке не только в г. Гомеле и Гомельской области, но и в других регионах Беларуси. Основными покупателями продукции в Республике Беларусь по регионам являются г. Минск, Гродненская, Брестская и Могилевская области. Объем реализации в данных регионах растет с каждым годом.

В последнее время большое распространение получило создание собственной товаропроводящей сети на рынках, где имеется постоянный спрос на продукцию, что связано, прежде всего, со стремлением промышленных и иных предприятий увеличить объем выручки от реализации продукции, а также обеспечить потенциальных

заинтересованных покупателей информацией об ассортименте и истинном качестве своей продукции. Минск является крупнейшим городом Республики Беларусь как по населению, так и по уровню дохода конечных потребителей.

Открытие собственного торгового дома в городе Минске – это возможность для ОАО «Гомельская мебельная фабрика «Прогресс» расширить зону влияния торговой сети, быть ближе к своим потребителям, позволит увеличить объем продаж, приобрести новых клиентов и закрепить свои позиции на рынке.

Торговые дома – это тип крупных торговых предприятий, организаций, особенностью которых является активное проникновение в сферу производства товаров, организация кооперации производства товаров, участие в кредитно-финансовых операциях, осуществление экспортно-импортных операций по широкой номенклатуре товаров и услуг [2, с. 109].

Значение открытия собственного торгового дома для предприятия будет заключаться в следующем:

- предприятие напрямую получает информацию о потребностях и предпочтениях основных покупателей, их отношении к продукции, тенденциях рынка и др. Эта информация в итоге позволяет своевременно формировать или корректировать рыночную стратегию;

- увеличивается прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия;

- повышается возможность контроля за товародвижением продукции, объемами реализации, возвратом и др.;

- торговый дом и предприятие работают для достижения общих целей, причем товаропроводящая сеть при любых условиях обеспечивает реализацию продукции;

- собственная товаропроводящая сеть ориентирована на реализацию исключительно продукции своего предприятия. Все усилия ее работников по сбыту распределены согласно общей маркетинговой и сбытовой стратегии [3].

Для того чтобы открыть Торговый дом ОАО «Гомельская мебельная фабрика «Прогресс», следует определиться в выборе места расположения магазина. Помещение будет приобретено в собственность предприятия по цене 4232 млн р. Исследование показало, что наиболее подходящим вариантом является помещение торговой площадью 230 м<sup>2</sup> по адресу г. Минск, улица Лидская, 12. Помещение имеет большие витрины. Фасад здания необходимо оформить должным образом, чтобы привлечь потенциальных покупателей. Желательно сделать вывеску из объемных светящихся букв, содержащую логотип предприятия. Внутренний интерьер также должен быть оформлен в фирменном стиле. Закупка офисной мебели обойдется в 7,22 млн р., закупка торгового оборудования – 2,9 млн р. Заработная плата заведующего магазином составит 5 млн р., бухгалтера – 3,8 млн р., продавца – 3,2 млн р. (количество продавцов в магазине – 4 человека), грузчика – 2,2 млн р. (количество грузчиков – 2 человека), уборщицы – 1,9 млн р. Транспортные расходы составят 3,3 млн р., доставка мебели будет осуществляться раз в месяц (табл. 1).

Таблица 1

**Затраты на открытие Торгового дома  
ОАО «Гомельская мебельная фабрика «Прогресс»**

Единовременные затраты	4242,12 млн р.
Текущие затраты	374,4 млн р. в год

На основании данных за 2012 г., взятых из бухгалтерского баланса предприятия, определим, что сложившаяся на предприятии рентабельность составит 23,2 %. Прогнозируемый товарооборот в Торговом доме (средний товарооборот по аналогичному Торговому дому в Гомеле) составит 6000 млн р. в год. Следовательно, прибыль составит 1394,4 млн р. (табл. 2).

Таблица 2

## Расчет срока окупаемости предлагаемого мероприятия

Показатели	Годы					
	0	1	2	3	4	5
Размер инвестиций, млн р.	4242,12	–	–	–	–	–
Доход, млн р.	–	1020	1020	1020	1020	1020
Ставка рефинансирования, %	25 %					
Коэффициент приведения	1	0,8	0,64	0,51	0,41	0,33
Дисконтированная стоимость, млн р.	–	816	652,8	522,2	417,8	334,2
Дисконтированная стоимость нарастающим итогом, млн р.	–	816	1468,8	1991	2408,8	2743
Чистая дисконтированная стоимость, млн р.	4242,12	3426,1	1957,3	33,7	2442,5	5185,5
Срок окупаемости	2,98					

Исходя из проведенных расчетов, можно сделать вывод, что введение данного проекта целесообразно. Срок окупаемости данного проекта составит три года.

Следовательно, затраты на открытие собственного торгового дома в г. Минске окупятся через три года. Реализация данного мероприятия экономически обоснована, так как окупятся затраты и проект начнет приносить прибыль.

Таким образом, можно сделать вывод, что построение правильной системы распределения товаров, в том числе организация каналов сбыта, имеет важное значение для предприятия. В связи с этим предприятие должно проводить комплекс мероприятий, обеспечивающих физическое распределение товарной массы в рыночном пространстве, доводить товары до потребителей, следить за их продажей и организацией эффективного потребления. Для этого необходима разработка мероприятий по совершенствованию маркетинговой сбытовой (распределительной) политики, направленной на формирование оптимальной сбытовой сети для эффективных продаж товаров в рамках целевых рынков, с учетом целей предприятия, требований и интересов потребителей, состояния рынка, влияния внешних и внутренних факторов.

В заключение можно отметить, что открытие Торгового дома в г. Минске позволит повысить объемы продаж, а также увеличить число потребителей продукции ОАО «Гомельская мебельная фабрика «Прогресс» в г. Минске и Минской области.

## Литература

1. Белорусская мебель – разумное решение для современного интерьера // Гид по мебели. – Режим доступа: <http://www.format-mebel.com/guide/230>. – Дата доступа: 20.09.2014.
2. Белявцев, М. И. Инфраструктура товарного рынка : учеб. пособие / М. И. Белявцев, Л. В. Шестопалова. – Донецк : ДонНУ, 2003. – 418 с.
3. Дружба – дружбой, а продажи – врозь. – Режим доступа: <http://delo.by/news/~shownews/drujba-prodaj>. – Дата доступа: 20.02.2015.

**ГЕНДЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ В РЕКЛАМЕ****А. Н. Романович***Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель А. А. Овсянникова

В психологии гендер – это социально биологическая характеристика, с помощью которой люди дают определение понятиям «мужчина» и «женщина». Вопросы, связанные с гендерными особенностями восприятия рекламы, в последнее время входят в число наиболее активно обсуждаемых в специальной литературе.

Реклама оказывает социально-психологическое воздействие на человека, но ее восприятие противоположными полами не одинаково. Воздействие происходит за счет цвета, визуальных и звуковых символов, текстов, используемых в рекламе. Эффективное же воздействие невозможно без точного расчета того, на какую именно аудиторию будут рассчитаны те или иные рекламные тексты. Реклама, написанная «вообще», без учета специфики людей-потребителей товара и рекламы, их желаний, предпочтений и возможностей – вряд ли будет эффективной. Вообще, на языковую компетенцию влияет огромное количество разных факторов, поэтому рекламные тексты составляются с учетом социального положения, профессии, возраста, пола. Рассмотрим гендерное восприятие рекламного текста.

Благодаря тому, что в мужчинах с детства заложены те качества, которые помогают достигать высоких постов, у них более высокий социальный статус, следовательно, более высокие, чем у женщин, доходы. Поэтому товары премиум-класса (автомобили, недвижимость, круизы, дорогие женские украшения) следует рекламировать в основном для мужской аудитории, ведь, как правило, финансирует подобные покупки мужчина. Конечно, женщина может оказать влияние на его решение и уговорить совершить покупку. Таким образом, при создании рекламы дорогостоящих товаров нужно четко представлять, на кого вы воздействуете: на непосредственного покупателя или на того, чье мнение покупатель может учесть при покупке.

Для примера рассмотрим рекламу недвижимости. Если реклама нацелена на мужскую аудиторию, то будет разумно указать фактические преимущества: район, планировку квартиры, наличие гаража, стоимость. Если же необходимо повлиять на женщину, то можно просто продемонстрировать красочные фотографии удобной, уютной квартиры, а также рассказать о наличии детской площадки, близости детского сада, школы, поликлиники, магазинов.

Реклама бытовой и оргтехники, автомобилей, направленная на мужчин, должна быть четкой и ясной. Эти товары должны быть функциональны, качественные, надежны, и цена должна соответствовать их характеристикам. Женщину интересует прежде всего простота в обращении, дизайн, «модность».

Мышление и поисковое поведение у мужчин и женщин существенно различаются. Сравнение особенности восприятия печатного рекламного материала показана-

ло, что мужчины предпочитают и легче воспринимают четкий, минимальный, лаконичный материал. Здесь идеально подходят слоганы. Кроме того, в рекламном материале должна быть указана технологичность (что, зачем, каким образом). И важный момент – критерий «нравится–не нравится». Если картинка не нравится, далее она не воспринимается.

В то же время, если на рекламе есть изображение и текст, в силу линейности восприятия и мышления, мужчина может не читать текст, воспринимая только картинку. Часто для усиления эффекта рекламы используется эротический элемент. Правда, периодически такие попытки принимают несколько причудливую и даже сюрреалистичную форму.

В рекламе, ориентированной на мужскую аудиторию, часто используется суггестивный компонент – с учетом того, что мужчина видит в большинстве своем именно картинку, а не текст, сам текст пишут как гипнотическую установку, подразумевая, что такая установка неосознанно будет воспринята мужчиной как руководство к действию.

В отличие от мужчин женщины обращают внимание сразу на фон, детали и общее впечатление от представленной рекламы. При этом здесь часто действуют не конкретные слоганы, а подразумевающие настроение и впечатление, намеки.

А вот лаконичность рекламного печатного материала воспринимается одинаково положительно как женщинами, так и мужчинами. Правда, также есть специфика (что именно подразумевается).

Еще один существенный момент. Классическая печатная реклама различается у женщин и мужчин. Мужская реклама – это лист журнала, целиком занятый рекламой одного товара. Женская реклама – более компактная, с большим количеством текста.

Сам рекламный печатный текст принято делить на три компонента:

- 1) текст;
- 2) изображение;
- 3) цвет.

При этом текст включает в себя именно гендерную составляющую.

Одинаковые рекламные тексты могут вызывать разные эмоциональные реакции у женщин и мужчин. Так, при восприятии рекламного текста, направленного на помощь детям, женщины чаще испытывают гнев и негодование от бедственного положения детей, в то время как мужчины при восприятии этого текста испытывают тревогу.

Во многих социальных рекламных текстах дифференциация сфер деятельности женщин и мужчин представлена в соответствии с распространенными гендерными стереотипами.

Использовать термины в женской рекламе не рекомендуется, такая реклама может показаться женщине сухой и непонятной. Мужчины, напротив, более склонны доверять четко сформулированным фразам, считая их признаком компетентности говорящего.

Еще один аспект, который важно учитывать при составлении рекламного текста, – склонность женщины говорить намеками. Это следствие того, что женщина была зависима от мужчины и не должна была прямо указывать ему, поэтому свои желания она выражала ему намеками. Современные мужчины не всегда могут понять, по какой причине женщина не говорит прямо, чего она хочет. Поэтому использование неявной, скрытой информации в рекламе для женщин допустимо, а для мужчин – нежелательно, так как мужчина лучше воспринимает прямые указания к действию.

Не следует забывать, что женщина склонна преувеличивать и воспринимать информацию эмоционально, в то время как мужчина объективен и воспринимает сказанное буквально. Для него каждая фраза должна быть предельно четкой и достоверной.

В отношении изображения следует сказать, что оно воспринимается и понимается гораздо быстрее, чем текст.

Женщина может легко следить за несколькими объектами одновременно, в отличие от мужчин, для которых большое количество героев и предметов в рекламе может помешать заметить рекламируемый товар. Женщина же с легкостью поймет, кто и что рекламирует.

Наконец, третий компонент печатной рекламы – цвет.

Реклама, нацеленная на мужскую аудиторию, может быть менее насыщенной по цвету, так как оттенков мужчина, вероятнее всего, не заметит. Ему важна суть рекламного сообщения. А вот реклама, предназначенная для женской аудитории, должна быть полноцветной, так как для женщины большое значение имеет именно оттенок. Особенно когда речь идет об одежде или косметике.

Черно-белая реклама более уместна для мужчин, нежели для женщин, так как женщине она может показаться несколько мрачной, а мужчины часто страдают дальтонизмом, т. е. вообще не воспринимают зеленый и красный цвета.

По данной проблематике было проведено исследование, суть которого состояла в выявлении глубинного отношения аудитории к цвету в рекламе разных стран. Для эксперимента выбрали образцы рекламы автомобилей, изготовленные в разных странах: США, Германии и Японии. В результате были получены семантические пространства мужчин и женщин, позволившие выявить структуру восприятия цвета; определить, как воспринимаются российской аудиторией образцы рекламы разных стран и какой из предложенных образцов ближе к «идеальной рекламе».

Так, при формировании образа американской рекламы насыщенный красный цвет сыграл основную роль. Психологические портреты у мужчин и женщин получились разными. Для мужчин в «американской» рекламе красный цвет сочетается с серьезностью, движением, индивидуализмом. А для женщин – с чем-то темным, резким, большим, сильным, т. е. образ этой рекламы – пугающий.

Психологический портрет японской рекламы получился у мужчин и женщин похожим. На первое место обе группы ставят четкость. При этом для мужчин важнее такие параметры, как «красивая», «приятная», «гладкая», а для женщин – «серьезная», «надежная», «мужская», «гармоничная». Интересно, что в представлении женщин реклама носит мужской характер. Здесь преобладают холодные, спокойные тона: голубой, серебристый, темно-серый, не вызывающие раздражения, но также и не связанные с движением, что делает ее образ более четким, привлекательным и серьезным, хотя и традиционным.

В немецкой рекламе обе группы на первое место ставят такие характеристики, как желтый и яркий. В представлении мужчин и женщин эта реклама приятная, радующая, гармоничная. В психологическом портрете данного образца у обеих групп появляется новая характеристика: «явная». Мужчины добавляют к этому: «простая» и «индивидуальная», а женщины: «комфортная» и «теплая».

Таким образом, при создании рекламы необходимо учитывать особенность гендерного восприятия различных составляющих рекламного обращения, таких как цвет, изображение, текст.

## ПРОБЛЕМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ДЕТСКОГО ТУРИЗМА

Е. В. Ангушевич, А. И. Ачкан

*Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Е. Н. Карчевская

Сфера детского туризма, несмотря на ее значимость, на страницах СМИ освещается недостаточно.

Проведенные маркетинговые исследования показали, что предложение детского туризма в турфирмах представлено незначительным перечнем услуг, а объем реализации таких услуг весьма низок. Из чего можно сделать вывод о низком уровне развития сферы детского туризма.

Любая сфера деятельности может быть интересна в том случае, если от ее развития можно получить либо социальный, либо экономический эффект.

Роль социального эффекта в данном случае невозможно преувеличить. С помощью детского туризма можно научиться устранять отрицательное воздействие на ребенка, закалявая и развивая его растущую личность (как физически, так и духовно). Также детям предоставляется возможность более детально изучить историю и культурное наследие своей страны и других государств. Это способствует развитию чувства патриотизма, а также толерантности. Спортивно-оздоровительный туризм является одной из наиболее эффективных оздоровительных технологий.

Что касается экономического эффекта, то это, в первую очередь, прибыль коммерческих предприятий (туристических фирм, гостиниц и пансионатов, санаториев и лагерей и др.).

Регулированием социальной сферы занимается государство. Если рассмотреть меры, которые предпринимает государство по развитию данного направления, то их можно сгруппировать по следующим направлениям:

- 1) бесплатное оздоровление в белорусских санаториях;
- 2) планы для школ по количеству обязательных экскурсий по Республике Беларусь;
- 3) создание нормативно-правовой базы и правил техники безопасности по детскому туризму.

Детское оздоровление в санаториях Республики Беларусь находится на достаточно высоком уровне: детям предоставляется бесплатное лечение (либо профилактика заболеваний), индивидуально ориентированное на ребенка.

Планы, о которых упоминается в п. 2, считаются, скорее, редкостью, чем правилом: разрядки о посещениях туристических объектов Беларуси выдаются школам не чаще одного раза в квартал, а также не дают никакой самостоятельности в выборе таких объектов. Ввиду чего получается загруженность всего одного экскурсионного памятника, в то время как другие не предлагаются к осмотру.

Важным моментом является совершенная финансовая незаинтересованность учительского персонала в сборе школьных групп на экскурсии: им не выдаются премии за их дополнительную трудоемкую работу, направленную на агитацию родителей, комплектацию группы и присмотр за детьми в поездке, если учесть, что такие поездки осуществляются в нерабочее время.

Нормативно-правовая база сформирована уже давно и изменения в ней являются лишь незначительными корректировками уже созданных норм. Не рассматривается в нынешней правовой базе детский туризм как самостоятельное направление. К примеру, в постановлении Совета Министров Республики Беларусь от 24 марта 2011 г. № 373

«Об утверждении государственной программы развития туризма в Республике Беларусь на 2011–2015 годы» ни разу не упоминается о мерах развития детского туризма как отдельного вида туризма.

Для частного туристического бизнеса, который и составляет предложение на рынке детского туризма, важным фактором является поддержка со стороны государства. Однако никаких льгот коммерческим туристическим организациям, развивающим рассматриваемое направление, со стороны государства не предоставляется. Отсутствует и государственное стимулирование школьных учреждений и частных туристических организаций, работающих в отрасли детского туризма.

Рассмотрим экономическую составляющую. Туристический продукт создается и реализуется туристическими организациями, поэтому именно их предложения в направлении детского туризма необходимо рассмотреть. Услуги, предлагаемые туристическими организациями, можно условно объединить в некоторые группы: лечение в санаториях Республики Беларусь; лечение в санаториях за границей; отдых в лагерях Республики Беларусь; отдых в лагерях за границей; семейный отдых на территории Республики Беларусь; семейный отдых за границей; туристско-краеведческая деятельность на территории Республики Беларусь; выезд за границу по различным обучающим и оздоровительным программам; экскурсионная программа по Республике Беларусь; экскурсионная программа за границу.

Первые четыре вида в основном предоставляются детям бесплатно государственными учреждениями. Выездами по образовательным программам занимаются в основном специализированные фонды. Туристско-краеведческая деятельность (например, походы) вообще практически исчезла из жизни детей. Поэтому на долю туристических фирм остаются семейный отдых (т. е. дети едут с родителями) и экскурсионные маршруты. Назвать семейный отдых детским туризмом нельзя, поэтому у туристических коммерческих организаций в области детского туризма основную роль занимают экскурсии. Говоря о последних, такие маршруты за границу весьма дорогостоящие, в связи с этим спрос на них очень мал.

Экскурсионные программы по Республике Беларусь находятся в приемлемом диапазоне цен, однако конкуренция в этой сфере настолько велика, что чтобы выдержать ее, предприятиям приходится работать почти «в ноль», т. е. не имея практически никакой прибыли. Затем предприятие начинает сравнивать затраты времени и сил на организацию такого маршрута и полученную от него прибыль.

Конкуренция в любой коммерческой сфере – это необходимость, однако она должна быть честной, организации должны находиться в равных условиях, чтобы демонстрировать покупателю свои преимущества. Транспортные фирмы не имеют права самостоятельно осуществлять туристическую деятельность. Однако они организуют детские туры, называя их по-другому, что затрудняет контроль. Создавая туристический продукт и просчитывая его, турфирма нанимает перевозчика (который уже заложил свою прибыль), а затем, просчитав себестоимость, вкладывает в цену прибыль. Когда же цену предлагает сам перевозчик, то она, естественно, оказывается меньше. Тогда туристические фирмы просто не могут конкурировать в цене, хотя имеют с туров совсем малый финансовый интерес.

Также зачастую сами туристические фирмы пользуются нечестными методами конкуренции, представляясь государственными (хотя по большей части такими не являются) и говоря школам (либо делая электронные рассылки), что им нужно сотрудничать именно с ними и более ни с какими другими. Таким образом, они дезинформируют школьные учреждения.

Вывод неутешительный. Туристическим организациям не хочется тратить резервы на освоение или развитие сферы, с которой получается такая маленькая отдача.



Глядя на такой спектр услуг, кажется, что сфера развивается, однако, анализируя объемы продаж и полученную прибыль от таких направлений более детально, становится понятным, что детскому туризму необходимы кардинальные перемены.

Обобщая вышесказанное, приходим к выводу, что с социальной стороны детский туризм весьма важен и нужен, однако ему уделяется совсем мало внимания; с экономической стороны детский туризм может приносить стабильные прибыли, однако из-за некорректной работы всей сферы туристические предприятия теряют интерес к развитию этой области. Поэтому целесообразными и эффективными являются следующие меры для развития детского туризма.

Меры для коммерческих туристических предприятий:

1) в детском туризме роль заказчика выполняют родители либо учителя. При этом в детских экскурсионных маршрутах, предлагаемых школам для сбора групп, решение принимают только учителя. И зачастую до родителей не доходит вся информация по туру, и это снижает количество реальных туристов. Поэтому нужно находить методы донесения информации до родителей (индивидуальная листовка каждому школьнику, которую он сможет продемонстрировать своим родителям; выступление на собраниях, ознакомление родителей с ассортиментом детских туров во время бронирования других туров);

2) креативный подход к разработке новых (либо давно неиспользуемых) направлений в детском туризме. Чтобы быть конкурентоспособным, недостаточно иметь только самые низкие цены, нужны еще и уникальные предложения. В нашей стране прекрасная природа и ландшафты, однако все это скрыто для детей за компьютерными играми. Необходимо возобновить организацию туристско-краеведческих походов. Несомненно, здесь нужна детальная подготовка и ответственные люди. Однако если наладить весь технологический процесс от начала до конца и заинтересовать потенциальных покупателей, то можно получить хорошие прибыли.

Меры для государственных структур:

1) необходимо вплотную заняться развитием детского туризма и разработать стратегию (либо отвести определенную часть в государственной программе по развитию туризма), в которой будут прописаны меры по стабилизации и развитию детского туризма, а также фонды, из которых будут выделены средства на реализацию намеченных планов;

2) необходимо довести школам информацию о том, что транспортным фирмам запрещено осуществлять туристическую деятельность ввиду отсутствия должной квалификации в этой области. Необходимо контролировать информацию, распространяемую самими туристическими организациями по школам;

3) чтобы собрать группу и организовать поездку куда-либо, необходимо много времени и усилий. Для того чтобы заинтересовать основных заказчиков экскурсионных туров в сборе школьных групп (учителей), необходимо выделять им официальное вознаграждение в виде премии к заработной плате за их труд, что будет честной платой за их работу и позволит им не растерять свой энтузиазм и в дальнейшей практике;

4) для поддержки частного бизнеса в области развития детского туризма необходимо уменьшить налог с прибыли, полученной от детских туров, до 10%. Необходимо разработать ряд условий, чтобы тур можно было отнести к детскому туризму (например: количество детей в группе; наличие родителей в поездке и др.). В итоге для государства финансовая потеря будет незаметна, а для туристического предприятия появится еще один стимул работать в данном направлении.

Только продуктивный симбиоз государственных и коммерческих структур может помочь детскому туризму стать важной и прибыльной сферой.

## **ПРОБЛЕМА ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ СПОРТОМ**

**Е. В. Антушевич, А. И. Ачкан**

*Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Е. Н. Карчевская

«Любую модель, даже самую никчемную, можно вытащить за счет исполнителей. Равно как и самую прогрессивную модель можно запороть. Кадры решают все».

Юрий Чиж

Начиная с 80-х гг. XX в. мировой спорт превратился в одну огромную бизнес-модель, ключевым принципом которой стали не спортивный дух и соревновательное начало, а в первую очередь получение прибыли от спортивной команды (спортсмена).

На постсоветском пространстве спорт остановился в промежуточном состоянии: осознание того, что нужно зарабатывать деньги и содержать спортивную структуру самостоятельно, пришло, а вот принципы исполнения – мало кому известны. Поэтому получается тратить средства удается в разы быстрее, чем их зарабатывать. Основная причина этой проблемы заключается в отсутствии профессиональных кадров данной сферы. Спортивное управление является достаточно уникальной областью изучения, в которой действуют свои принципы и законы, в чем и заключается сложность выполнения задачи.

Рассмотрим основную проблему управления белорусским спортом, т. е. проблему подготовки квалифицированных кадров.

Исторически так сложилось, что спорт и туризм – это схожие по своему назначению сферы. Это утверждение верно с точки зрения укрепления здоровья. В нашей стране эти два направления находятся под руководством одного органа – Министерства спорта и туризма Республики Беларусь. То же происходит и в сфере подготовки кадров: в большинстве случаев в названии специальности фигурируют две отрасли – спорт и туризм. В таблице представлены сведения о вузах Беларуси, осуществляющих подготовку кадров в области спорта и туризма (см. таблицу). Очевидно, что ни одно учебное заведение в Беларуси не готовит специалистов по управлению только спортом. Из 14 учебных заведений, представленных в таблице, все 14 готовят специалистов по туризму и (или) гостеприимству. Из этого следует логичный вопрос: кто может управлять спортивными клубами и ориентировать их деятельность на получение прибыли, если в стране даже нет соответствующих кадров. Штатные экономисты не справляются с этой функцией, что и показала практика последних 25 лет, так как спортивный клуб – это не просто коммерческое предприятие, а специфическая организация, в которой действуют свои, нигде более не встречающиеся законы.

В Белорусском государственном университете физической культуры (БГУФК) готовят специалистов, связанных так или иначе с исследуемой темой. Информация представлена на официальном сайте данного вуза ([sportedu.by](http://sportedu.by)), где дается описание специальности 1-88 02 01-02 «Спортивно-педагогическая деятельность (менеджмент в спорте)».

**Учреждения образования Беларуси,  
ведущие подготовку кадров в сфере спорта и туризма**

Учреждение образования	Специальность
Барановичский государственный университет	Экономика и управление туристской индустрией
Белорусский государственный технологический университет	Туризм и природопользование
Белорусский государственный университет физической культуры	Спортивный и рекреационный туризм
Белорусский государственный университет физической культуры	Менеджмент в туризме
Белорусский государственный университет физической культуры	Туризм и гостеприимство
Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина	Туризм и гостеприимство
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы	Туризм и гостеприимство
Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого	Маркетинг в спорте и туризме
Институт предпринимательской деятельности	Экономика и управление туристской индустрией
Международный университет «МИТСО»	Маркетинг в туризме
Белорусский государственный педагогический университет имени М. Танка	Спортивно-туристская деятельность (менеджмент в туризме)
Полесский государственный университет	Туризм и гостеприимство
Полоцкий государственный университет	Туризм и гостеприимство

Выпускники получают квалификацию «Менеджер в спорте. Преподаватель физической культуры». Во время учебы студенты этого направления специальности изучают дисциплины, так или иначе связанные с особенностями и спецификами управленческой деятельности. Основными предметами являются «Менеджмент спорта», «Маркетинг спорта», «Информационное обеспечение спорта», «Теория и практика профессионального спорта» и др. Выпускники этой специальности работают в качестве менеджеров различного уровня в физкультурно-спортивных организациях любых форм собственности. Имея дополнительную квалификацию «Преподаватель физической культуры», они успешно работают в школах, колледжах, высших учебных заведениях и других учреждениях образования.

Из изложенного можно сделать вывод о том, что кадры для управления спортивным клубом готовятся весьма успешно, хотя и является достаточно странным сочетание менеджер и преподаватель в одной специальности. Однако возникает логичный вопрос: как за столь долгое существование подобной специальности в вузе до сих пор не решена проблема спорта в стране? Ответ кроется все в тех же словах: кадры решают все. Приходится констатировать, преподавательский состав наших вузов не всегда обладает достаточной квалификацией в направлении спортивного маркетинга и менеджмента. Преподаватели читают курсы по учебникам и методикам, не имея собственного опыта успешного управления спортивной командой. Ав-

торы доклада нисколько не сомневается в профессионализме преподавателей, однако следует заметить, что сотрудники не до конца отвечают требованиям мировой практики преподавания. А перечень читаемых дисциплин является лишь малой частью специальных курсов, которые преподаются за границей.

Для сравнения обратимся к программе подготовки менеджеров в спорте в Московском университете «Синергия». Так, в данном вузе, помимо перечисленных дисциплин БГУФК, преподаются также: спортивное спонсорство, управление собственным бизнесом, спортивный маркетинг, экономика спорта, индустрия спорта, менеджмент спортивных организаций, спортивное право, основы экономики спорта, спортивная психология. Анализ других вузов России показал, что там преподаются такие предметы, как маркетинг в индустрии спорта, менеджмент в индустрии спорта, олимпийское движение, международные спортивные организации. Как можно заметить, планы обучения в наших вузах заметно уступают тем, что учат в России, не говоря уже о странах запада, где процесс управления спортивной командой возведен в культ, цель которого – получение прибыли.

Также стоит отметить тех, кто преподает перечисленные дисциплины в «Синергии». 70 % занятий проводят действующие функционеры Российской спортивной индустрии. Мастер-классы и лекции для слушателей факультета читают Евгений Гинер (президент ПФК ЦСКА), Сергей Кущенко (первый вице-президент Союза биатлонистов России), Андрей Ватутин (президент ПБК ЦСКА), Максим Белицкий (директор по России и СНГ Спортивно-маркетингового агентства SPORTFIVE), Дмитрий Чуковский (генеральный продюсер спортивных каналов «НТВ Плюс»), Анатолий Волосов (директор по развитию еженедельника «Футбол»).

Помимо посещения лекций и мастер-классов студенты имеют возможность проходить практику на крупнейших спортивных мероприятиях и турнирах, организованных партнерами факультета или при их участии, среди которых Лига Чемпионов и Лига Европы УЕФА, Чемпионат мира по хоккею, Кубок Первого канала и Матч всех звезд КХЛ, Кубок Кремля, этапы Кубков мира по волейболу, плаванию, спортивной гимнастике, вольной борьбе и другим видам спорта.

Изучив программу обучения в российских вузах, становится понятно, что она более сбалансированная, практичная, насыщенная и соответствует реалиям международного спорта, в сравнении с тем, чему готовят студентов в наших вузах. Российские спортивные клубы еще не до конца прошли этап становления спортивного управления, однако более 50 % спортивных клубов уже приносят доходы своим владельцам.

Возвращаясь к системе образования, следует заметить, что целесообразнее было бы готовить специалистов спорта и туризма отдельно. Все же спорт и туризм являются практическими дисциплинами, и невозможно одинаково качественно усвоить тонкости и особенности сразу двух направлений. Ведь не зря в России Министерство спорта выделено отдельно, и оно занимается только спортом, а туризм подчиняется федеральному агентству по туризму. Спорт имеет 35 олимпийских видов спорта, и одинаково эффективно заниматься развитием всех видов достаточно сложно, особенно если еще будут «отвлекать» проблемы туризма. Так и в образовании – следует отдельно готовить специалистов в сфере управления спорта и готовить качественно, в соответствии с современными реалиями.

На основании этого можно сделать ряд выводов:

1) в Беларуси практически ни один вуз не готовит узкоспециализированного специалиста в сфере управления спортом, который отвечал бы всем требованиям мировой практики;

2) программа вузов, готовящих специалистов в области спортивного менеджмента, не отвечает мировым тенденциям и не способна подготовить специалиста для решения практических задач;

3) кадры, преподающие изучаемые дисциплины, также не до конца соответствуют тем требованиям, которые предъявляет мировая практика.

Только при наличии квалифицированных специалистов, которые будут принимать решения, опираясь в большей степени на знания, полученные на основе эмпирической информации о проблеме и исходя из спортивных реалий, принимая в расчет знания из других областей экономики, будет получен результат, при котором белорусский спорт начнет приносить прибыль.

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

**А. С. Кушнеров**

*Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Л. Л. Соловьева

Целью работы является изучение состояния рынка кондитерских изделий в Республике Беларусь и формулирование перспектив ее развития.

Пожалуй, ни одна из отраслей пищевой промышленности не ассоциируется с удовольствием так, как кондитерская. Для многих конфеты, шоколад, мармелад, пирожные – источник положительных эмоций и вкусового наслаждения. За белорусскими сладостями у отечественных и зарубежных потребителей прочно закрепился имидж натуральных, качественных. Тем не менее из-за обилия выбора вкусов на прилавках магазинов требования покупателей возрастают с каждым годом. Это заставляет компании находиться в постоянном поиске, разрабатывать новые рецепты и совершенствовать производственные мощности.

Белорусская кондитерская промышленность представлена 20 предприятиями: 8 предприятиями, входящими в государственный концерн «Белгоспищепром», а также другими предприятиями частных и иностранных собственников. На долю предприятий концерна «Белгоспищепром» приходится около 67–69 % общего объема производства кондитерских изделий. Концерн представлен следующими организациями: СП ОАО «Спартак», СОАО «Коммунарка», ОАО «Красный пищевик», ОАО «Красный Мозырянин», ОАО «Кондитерская фабрика «Слодыч», ОАО «Конфа», СП ОАО «Ивкон», СООО «Первая шоколадная компания» [1].

Для дальнейшего увеличения производства на предприятиях проводится реконструкция и модернизация. В 2014 г. на эти цели организации «Белгоспищепрома» направили более 160 млрд р., и прирост в объеме производства составил порядка 8 % к уровню прошлого года и суммарно составляет 178 тыс. т. Поставки на внутренний рынок выросли на 5 %. Для сравнения, объем производства кондитерских изделий в целом по России составил 3254 тыс. т, в Украине – 934 тыс., в Казахстане – 339 тыс. т.

Предприятия «Белгоспищепрома» производят более одной тысячи наименований разнообразных сладостей. В их изготовлении используется преимущественно сырье, поставляемое отечественными производителями, кроме сырьевых компонентов критического импорта (какао-бобы, изюм, орехи, желирующие вещества, получаемые из водорослей). Учитывая, что любой ассортимент потребителю рано или поздно приедается, на предприятиях стараются его оптимизировать каждый год. На основе анализа продаж снимается с производства продукция, закончившая свой жизненный цикл, а вместо нее выпускаются востребованные новинки.

Ежегодный объем потребления кондитерских изделий в Беларуси составляет 18,5 кг на душу населения, в России – 22,6 кг, тогда как по Европе в целом – около 25 кг на душу населения.

В среднем белорус за год съедает от 1 до 1,5 кг шоколада и шоколадных изделий. Скажем, в России каждый житель в среднем потребляет 4–5 кг, в Польше – около 6–7 кг, в Германии, Великобритании и Бельгии – около 9–10 кг. Больше всего сладкоежек живет в Швейцарии, где приходится около 12 кг шоколада на человека в год [2].

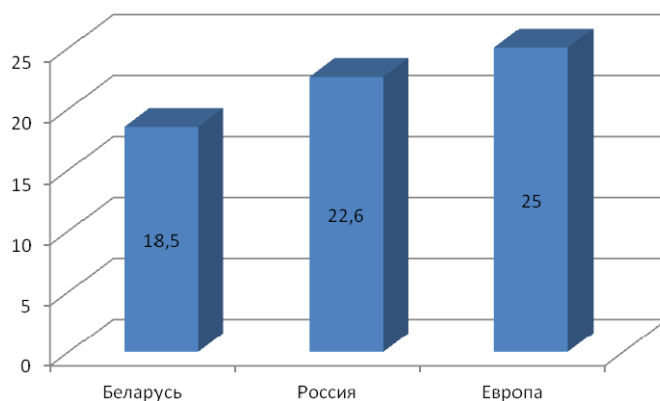


Рис. 1. Ежегодный объем потребления кондитерских изделий

Рассмотрим структуру товарооборота кондитерских изделий. Удельный вес продажи торговыми организациями страны отечественных лакомств составляет около 60 % розничного товарооборота, импортных – около 40 %.

Рынок кондитерских изделий сезонен. В теплое время года отмечается высокий спрос на мучные лакомства, карамель, желейные и помадные конфеты. Осень и зима – сезоны продаж шоколадных изделий, когда особенно сильной позицией считаются коробочные наборы, приобретаемые, как правило, к праздникам. Максимальный рост спроса на продукцию приходится на четвертый квартал каждого года, а пик продаж – на период новогодних праздников. Спад, как правило, наблюдается в первом квартале.

Для белорусского кондитерского рынка в последние годы характерно нарастание конкуренции со стороны иностранных производителей. Основными импортерами являются Россия и Украина (их доля составляет суммарно около 90 % всего импорта), затем следуют некоторые европейские страны (Польша – Wawel (шоколад Michelle), Германия – Ritter Sport, Schogetten, Литва – Pergale). Импорт шоколадных изделий за 2014 г. снизился на 10–15 %, а импорт мучных кондитерских изделий и карамели по отношению к 2013 г. вырос на 10–20 %.

Проблемой для белорусских производителей является и более высокий уровень цен на значительную часть сырья, поступающего с внешних рынков (пектин, агар, патока). Однако ценовую политику всех без исключения производителей сахаристых изделий корректирует значительный рост мировых цен на какао-бобы – более чем на 20 % за полгода, а какао-масла – на 43 %. По оценке Всемирной организации какао (ICCO), в 2014 г. дефицит какао-продуктов в мире составлял 70 тыс. т. Такой дефицит продержится до 2018 г., пока не появятся новые плоды.

Порой решающим фактором, подвигающим покупателя приобретать зарубежное лакомство вместо белорусского, является его внешний вид. Многие импортные образцы имеют оригинальную форму корпуса, яркую, привлекательную упаковку, что притягивает внимание потребителей. Аналогичные сорта отечественных конфет имеют, как правило, традиционную прямоугольную форму и невыразительную этикетку. Поэтому сейчас особое внимание на белорусских предприятиях уделяется необходимости обновления дизайна упаковки.

Для сокращения ввоза сладостей в Беларусь, более полного использования собственных производственных мощностей концерн «Белгоспищепром» разработал программу действий по импортозамещению. Освоен выпуск жевательного мармелада, шоколада с крупными добавлениями, конфет и батончиков на основе нуги и мягкой карамели, батончиков-мюсли, многослойных конфет со сложной начинкой, витаминизированной продукции, глазированных мучных изделий, растворимого печенья.

Сейчас большой упор при продвижении кондитерского изделия делается на то, насколько оно безопасно для здоровья потребителей и какую пользу может принести организму человека. Все чаще стали изготавливаться лакомства с пониженным содержанием жира, сахара (или без сахара), пониженной энергетической ценностью, низким содержанием трансизомеров жирных кислот, а также лакомства, обогащенные витаминами, минералами и экстрактами. В Беларуси лидером по разработкам подобных технологий в пищевой промышленности является РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». Специалисты центра создали технологию изготовления полезных батончиков-мюсли на поточно-механизированной линии Conbar в СП ОАО «Спартак».

Проведенные доклинические исследования показали, что такой продукт положительно влияет на нормализацию обменных процессов в организме. Это выражалось в снижении уровня триглицеридов в крови экспериментальных животных. Благодаря наличию в составе медленных углеводов (хлопьев злаковых культур) батончики-мюсли хорошо утоляют голод, дают долгое насыщение, являются источником энергии для организма. С Минздравом уже согласованы соответствующие надписи в маркировке о полезности батончиков-мюсли.

Увеличение емкости рынка кондитерских изделий в среднесрочной перспективе будет определяться тремя основными факторами: ростом уровня реальных доходов населения, выводом на рынок новых высококачественных лакомств, а также брендингом и активной рекламой. Провозглашая открытость экономики, Беларусь не может закрыть рынок от импорта, поэтому отечественные производители должны конкурировать и побеждать в конкуренции [3].

Что касается внешних рынков, то за 2014 г. предприятия «Белгоспищепрома» экспортировали 14,4 % своего выпуска. В Россию поставляется 75 % общего экспорта белорусских кондитерских изделий. В целом же Беларусь импортирует в 17–20 стран, среди которых Казахстан, Азербайджан, Молдова, Израиль, Сербия, Канада, США. СП ОАО «Спартак» прорабатывает вопросы по освоению рынков Южной Кореи, Вьетнама и Китая. Последняя страна для предприятия особенно перспективна. Сейчас создается каталог продукции на китайском языке с учетом особенностей спроса жителей Китая.

#### Л и т е р а т у р а

1. Национальная экономика Беларуси : учебник / В. Н. Шимов [и др.] ; под ред. В. Н. Шимова. – 2-е изд. – Минск : БГЭУ, 2010. – 751 с.
2. Янушкевич, И. Шоколадный стандарт: внимательно изучайте этикетку / И. Янушкевич. – Минск, 2014. – Режим доступа: <http://belchas.by/news/shokoladnyj-standart-vnimatelno-izuchajte-jetiketku.html>.
3. Концавенко, И. Индустрия лакомств / И. Концавенко // Экономика Беларуси. – 2014. – № 4. – С. 90–95.

## МАРКЕТИНГОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В МАШИНОСТРОЕНИИ ЧЕРЕЗ КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД УПРАВЛЕНИЯ

П. Д. Шушакова, Е. С. Воронова

*Филиал ТюмГНГУ Ноябрьского института нефти и газа, Россия*

Научный руководитель Р. Н. Зиязова

Маркетинг в машиностроении – один из наиболее мощных инструментов, используемых различными организациями в бесконечной борьбе за выживание и процветание. Маркетинг машиностроительного комплекса является разноплановой концепцией. Прежде всего, он известен как философия бизнеса, направленная на выявление потребностей потребителей, целевых рынков, которые данная организация может удовлетворить наилучшим образом путем производства соответствующих продуктов, на то, чтобы каждый сотрудник организации мыслил категориями «потребитель», «рынок».

В сущности, маркетинг в машиностроении играет интегрирующую и координирующую роль в деятельности предприятия, так как определяет всю рыночную активность предприятия и непосредственно влияет на остальные его функции:

1) НИОКР (потребности рынка должны быть переведены в новые, улучшенные или адаптированные товары);

2) финансы (план маркетинга должен учитывать финансовые ограничения и доступность ресурсов);

3) производство (объемы продаж имеют ограничения по производственным возможностям и скорости доставки);

4) кадровые ресурсы (выполнение плана подразумевает наличие квалифицированного и подготовленного персонала) [1].

Стратегия маркетинга – формирование целей, достижение их и решение задач предприятия-производителя по каждому отдельному товару, по каждому отдельному рынку на определенный период. Стратегия формируется в целях осуществления производственно-коммерческой деятельности в полном соответствии с рыночной ситуацией и возможностями предприятия.

Стратегия предприятия машиностроительного комплекса разрабатывается на основе исследований и прогнозирования конъюнктуры товарного рынка, изучения покупателей, изучения товаров, конкурентов и других элементов рыночного хозяйства. Наиболее распространенными стратегиями маркетинга являются:

1. Проникновение на рынок.

2. Развитие рынка.

3. Разработка товара.

4. Диверсификация.

В зависимости от маркетинговой стратегии формируются маркетинговые программы. Маркетинговые программы могут быть ориентированы на:

– максимум эффекта независимо от риска;

– минимум риска без ожидания большого эффекта;

– различные комбинации этих двух подходов.

Маркетинговая стратегия заключается в долгосрочном согласовании возможностей фирмы с ситуацией на рынке, т. е. в согласовании внутренней и внешней среды деятельности фирмы. Инструментами реализации маркетинговых мероприятий на этом уровне управления выступают:

– совершенствование организационной структуры фирмы;

– организация проникновения на новые товарные рынки;



- разработка и введение на рынок нового товара;
- свертывание деловой активности и уход с рынков, где стало невозможным получение устойчивой прибыли;
- проникновение на новые рынки посредством создания совместных предприятий;
- кооперация деятельности с фирмами, обладающими опытом успешной деятельности на интересующих рынках.

Цели фирмы определяют направления развития ее деловой активности. Стратегия же представляет собой план достижения этих целей, в котором должны быть отражены все элементы маркетинга, финансовые ресурсы, производственные возможности.

В основе стратегии маркетинга машиностроительного комплекса лежат пять стратегических концепций:

- выбор целевых рынков;
- сегментация рынка, т. е. выделение конкурентных целевых рынков в рамках совокупного;
- выбор методов выхода на них;
- выбор методов и средств маркетинга;
- определение времени выхода на рынок.

В качестве основных типов стратегий маркетинга обычно применяют стратегию «цена–количество» либо стратегию предпочтения.

При использовании стратегии «цена–количество» можно применить категорию цены как одну из составляющих успеха в конкурентной борьбе. Принципиальное значение при этом имеет потенциал и уровень развития соответствующих отраслей, а также активное влияние на издержки производства.

Стратегия предпочтения использует различные инструменты политики сбыта, не зависящие от конкуренции в области цен. Конечная цель этой стратегии – создать стабильные преимущества перед конкурентами. Для достижения этой цели может быть использован весь набор инструментов маркетинга:

- изменения в технологии производства, способствующие улучшению качества изделия, его дизайна и упаковки;
- сервисное обслуживание (консультирование и обучение, ремонт и техническая профилактика, поставка запчастей и т. д.);
- логистические мероприятия (соблюдение договорных обязательств и надежности поставок).

Стратегия предпочтения является общепринятой для машиностроительного комплекса высоких технологий.

Стратегия приспособления предполагает адаптацию к конкурентам по таким параметрам, как продукция, распределение, общение, цены. При реализации данной стратегии стремятся максимально точно повторять действия конкурентов.

Инструменты реализации маркетинговых мероприятий на этом уровне управления следующие:

- изучение рынков с целью формирования спроса и стимулирования сбыта;
- анализ товаров и управление их номенклатурой с целью максимального удовлетворения рыночных требований;
- прямые контакты с потребителями;
- увеличение и обучение персонала зарубежных представительств;
- активное участие в выставках и ярмарках;
- расширение номенклатуры (диверсификация) экспортируемых товаров;
- создание и повышение эффективности сервиса;
- рекламные мероприятия;
- управление ценами.

Для многих предприятий маркетинговая стратегия является важнейшей функциональной стратегией, поскольку она обеспечивает обоснованность рыночной направленности предприятия.

Существует пять основных подходов в машиностроении, на основе которых предприятия ведут свою маркетинговую деятельность: концепция совершенствования производства, концепция совершенствования товара, концепция интенсификации коммерческих усилий, концепция маркетинга и концепция социально-этичного маркетинга.

Концепция совершенствования производства утверждает, что потребители будут благодетельны к товарам, которые широко распространены и доступны по цене, а следовательно, руководство должно сосредоточить свои усилия на совершенствовании производства и повышения эффективности системы распределения.

Применение концепции совершенствования производства подходит в двух ситуациях.

Концепция совершенствования товара утверждает, что потребители будут благосклонны к товарам, предполагающим наивысшее качество, лучшие эксплуатационные свойства и характеристики, а следовательно, организация должна сосредоточить свою энергию на постоянном совершенствовании товара.

Концепция интенсификации коммерческих усилий утверждает, что потребители не будут покупать товары предприятия в достаточных количествах, если оно не предпримет значительных усилий в сфере сбыта и стимулирования.

Концепция маркетинговой стратегии утверждает, что залогом достижения целей предприятия является определение целевых нужд и потребностей рынков и обеспечение желаемой удовлетворенности более эффективными и более продуктивными, чем у конкурентов, способами.

Концепция интенсификации коммерческих усилий и маркетинга часто путают друг с другом. Коммерческие усилия по сбыту – это сосредоточенность на нуждах производителя, а маркетинг – это сосредоточенность на нуждах потребителя.

Концепция социально-этичного маркетинга утверждает, что задачей предприятия является установление нужд, потребностей и интересов целевых рынков и обеспечение желаемой удовлетворенности более эффективными и более продуктивными способами с одновременным сохранением или укреплением благополучия потребителя и общества в целом.

Концепция маркетинговой деятельности может использоваться в любых хозяйственных организациях независимо от объема и характера реализуемых товаров и услуг. Различия в типах поставляемых товаров, в размерах и характеристиках потребительских или промышленных рынков для различных групп товаров, в тех целях, ради которых товары приобретаются, и в методах их распределения не исключают универсальной применимости маркетинга к хозяйственным операциям.

Концепция управления маркетинговой деятельностью в машиностроении позволяет анализировать, максимизировать и удовлетворять потребительский спрос, являясь руководством к планированию.

#### Литература

1. Менеджмент организации : учеб. пособие / С. А. Измалкова [и др.]. – Орел : ОрелГТУ, 2010. – 90 с.
2. Маркетинг. Принципы и технология маркетинга в свободной рыночной системе : учеб. для вузов / под ред. Н. Д. Эрнашвили. – М. : Банки и биржи / ЮНИТИ, 2003. – 255 с.

**МАРКЕТИНГОВЫЕ РЕШЕНИЯ НА РЫНКЕ НЕДВИЖИМОСТИ****Д. В. Нецветаева***Белорусский государственный университет, г. Минск*

Научный руководитель Т. В. Борздова

**Маркетинг недвижимости** – деятельность, направленная на изучение предпочтений потенциальных и реальных потребителей объектов недвижимости, формирование товара, востребованного рынком, и дальнейшее продвижение этого товара, в частности, объекта недвижимости [1, с. 15]. Маркетинг недвижимости включает в себя организацию и проведение конкретных мероприятий по повышению привлекательности объекта недвижимости в глазах целевой аудитории (потребителя) [3]. Можно заметить, что рынок недвижимости сегментируется по ряду факторов, и каждый сегмент этого рынка представлен своими объектами, отличающимися друг от друга ценой, количеством предложения аналогичных объектов, качественными характеристиками, месторасположением и др. Маркетинговые мероприятия, например, для рынка офисной недвижимости будут отличаться от жилых объектов по основной причине – их потребителю.

Ситуация на рынке недвижимости заставляет строителей, девелоперов, риэлтеров быть все более изобретательными в методах реализации своих проектов. Любая компания, функционирующая на этом рынке, активно старается переманить покупателей у своих конкурентов, используя новейшие рекламные технологии. Конкуренция требует не только максимальной оптимизации размещения рекламы на недвижимость, но и создания все более креативных идей, эффективно воздействующих на целевую аудиторию.

Для проведения успешной рекламной кампании и привлечения клиентов к покупке нужно понимать, какие медиа-средства и для какого сегмента недвижимости работают наиболее эффективно. Более того, при профессиональном подходе маркетинг применяют с самого начала работ по созданию объектов недвижимости, а не только на момент продажи, и продолжают на протяжении всего жизненного цикла объекта.

**Брендинг объекта недвижимости.** Брендинговое агентство или маркетинговый отдел в компании (если такой есть) разрабатывают название, которое запомнится, решение по позиционированию и продвижению и бренд бук (книгу), в которой написано все о бренде [2]. Имя бренда для строительного проекта оказывает не только влияние на продажи, но и в силу того, что новые объекты не сразу получают свой постоянный адрес, упрощает процедуру общения покупателей и продавцов и без проблем помогает начинать рекламную кампанию в самом начале строительства объекта.

На рынке недвижимости г. Минска указанный маркетинговый ход активно используется профессиональными участниками рынка. В большей степени этот механизм представлен на рынке жилой недвижимости.

На рис. 1 и 2 представлены примеры объектов недвижимости группы компаний Dana Holdings, которая использует все маркетинговые механизмы наиболее широко на рынке г. Минска. На сайте компании представлены не только характеристики каждого объекта, но и информация о стоимости, условиях приобретения, преимуществах, подробный фотоотчет каждой стадии строительства и макет готового объекта и др.

Также в продвижение объектов недвижимости активно включаются **репутационные** атрибуты брендов, креативные решения и доверительные отношения. Как правило, в бизнесе именно репутация является основополагающим принципом принятия решения. Она формируется стихийно, и управление этим процессом в большей степени связано с контролем, нежели чем с созданием [2].

Самым востребованным и эффективным рычагом маркетинга недвижимости является реклама недвижимости, которая состоит из двух этапов (частей):

- создание идеи, креатива;
- реализация (размещение) ее на рекламном носителе.

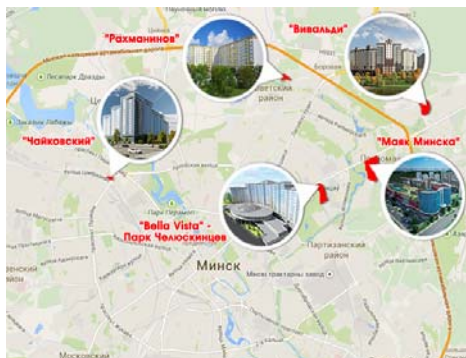


Рис. 1. Комплексы группы компаний Dana Holdings

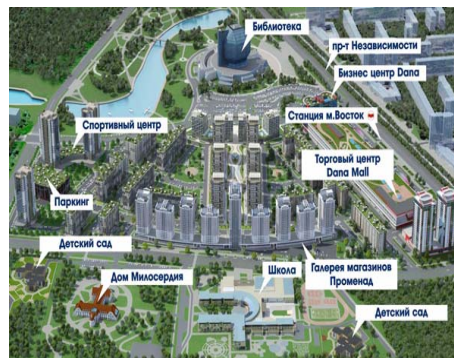


Рис. 2. Структура «Маяк Минска» город-в-городе

Интернет, телевидение, наружная реклама, печатные СМИ являются основными носителями рекламы любого товара, в том числе и недвижимости.

**Реклама на телевидении** является самым дорогостоящим инструментом рекламы, но вместе с тем это говорит о высокой имиджевой составляющей компании. Цены на данный вид инструмента колеблются не только в зависимости от канала, но в большей степени от времени трансляции.

**Наружная реклама** является для недвижимости наиболее эффективным способом продвижения. Большие билборды, растяжки, реклама на городских указателях, расположенные вблизи объекта или непосредственно на нем, не остаются незамеченными проезжающим транспортом и пешеходами. На таких рекламных носителях с момента начала строительства размещается рекламная информация о концепции объекта недвижимости и данные для контакта [3].

**СМИ.** Реклама недвижимости в большом количестве представлена в прессе, в первую очередь в бизнес-журналах и специализированных изданиях, таких как: Про-Недвижимость, Вся недвижимость из рук в руки, Недвижимость Минск, Строительство и Недвижимость, Недвижимость Белоруссии и др. В бизнес-журналах часто встречается своего рода пиар в СМИ, когда знаковые персоны компаний выступают в качестве экспертов отрасли и дают развернутые интервью, высказывают экспертные мнения или интерпретируют события в сфере недвижимости.

Все профессиональные участники: строительные, девелоперские, риелтерские и другие компании – активно используют **Интернет**. На данный момент глобальная сеть является самым эффективным, универсальным и лучшим носителем рекламы, но в то же время для создания, продвижения и работы сайта нужно потратить большое количество времени, сил и средств. Для рекламы объектов недвижимости создаются информационные и продающие сайты со встроенной системой продвижения, оптимизацией и элементами брендинга; активно используется контекстная и баннерная реклама в Интернете. На рис. 3 представлен сайт группы компаний «Твоя Столица». На главной странице указаны основные направления деятельности, предложения и др. Сайт имеет простую структуру, которой может пользоваться любой посетитель без проблем.

На данный момент реклама объектов недвижимости в Интернете представлена не только наличием сайта, но также большое развитие получило продвижение недвижимости в социальных сетях и на форумах. Продавцы недвижимости стараются общаться со своей целевой аудиторией напрямую, анализируя при этом их реакцию на соответствующие предложения, давая возможность высказать мнение и узнать, что конкретно хочет потребитель. Вместе с тем с помощью таких ресурсов, как Яндекс.Метрики и Google Analytics, каждая компания может проанализировать свой Интернет-сайт и выявить разделы, которые привлекают больше всего посетителей и являются самыми популярными и, исходя из этого, строить работу по продвижению и наполняемости сайта.

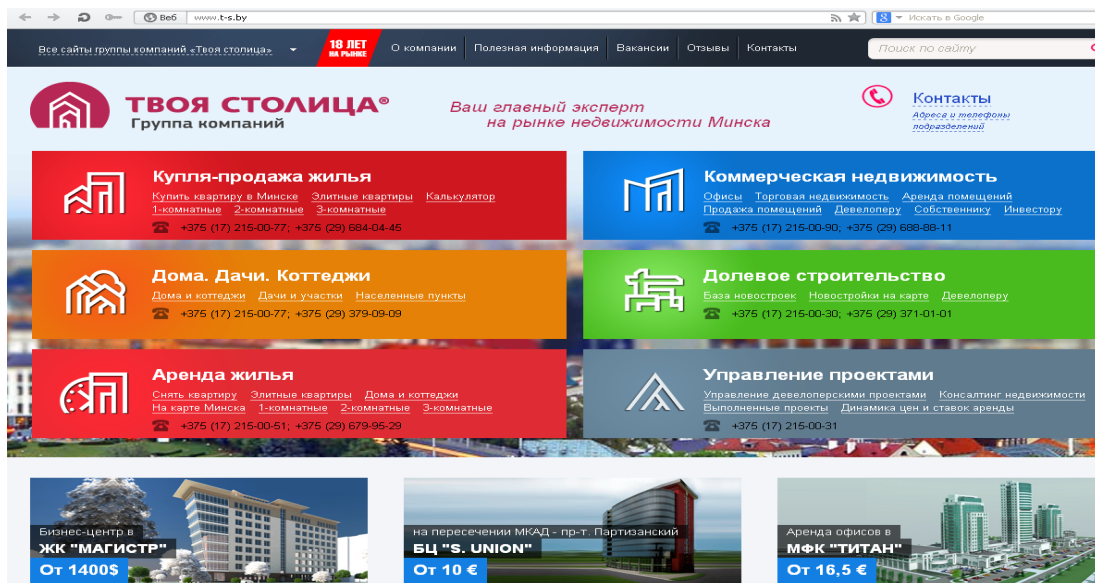


Рис. 3. Сайт группы компаний «Твоя Столица»

Одним из способов продвижения недвижимости является **мерчандайзинг**. Он предполагает организацию показов на объекте, а также методы наглядного представления преимуществ объекта, начиная с его внешней привлекательности. Для создания позитивного впечатления у потенциального клиента создаются демонстрационные модели объекта, поэтажные планы, интерактивные модели помещения. Раздаточные материалы, буклеты, видео-презентации содержат специфические особенности объекта, описание его конкурентных преимуществ, коммерческие условия и всю необходимую информацию для покупателей. Данные рекламные материалы обладают единым стилем, логотипом, общей темой и создают позитивный имидж объекта и его продавца [2].

Эффективное комплексное использование различных маркетинговых мероприятий, включающих пиар, рекламу недвижимости и мерчандайзинг, позволяет достичь значимых результатов в развитии и реализации проекта. Комплексный подход в маркетинге недвижимости ориентирован не только на выгодную продажу товара, но и ставит своей целью повышение культуры потребителя, его уровня знаний об объекте и обеспечивает клиенту повышенный психологический комфорт при совершении сделки. В этом и есть главные перспективы развития маркетинга недвижимости.

## Литература

1. Завьялов, П. С. Маркетинг в схемах, рисунках, таблицах : учеб. пособие / П. С. Завьялов. – М. : ИНФРА-М, 2006. – 496 с.
2. Эффективный маркетинг и реклама недвижимости // Маркетинг и реклама недвижимости. – 2015. – Режим доступа: <http://realty.oscomm.ru/>. – Дата доступа: 31.03.2015.
3. Маркетинг в недвижимости // Энциклопедия маркетинга. – 2014. – Режим доступа: <http://www.marketing.spb.ru/lib-special/branch/realty.htm?printversion>. – Дата доступа: 31.03.2015.

## АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Е. П. Зубкова

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Научный руководитель О. В. Морозова

Заработная плата определяет уровень и качество жизни населения, возможности образования, социальное положение в старости, культурное развитие, социальный статус. На наш взгляд, вопрос повышения уровня заработной платы в Беларуси является одним из наиболее актуальных, поскольку среднемесячная заработная плата является основным источником доходов белорусских граждан (рис. 1).



Рис. 1. Структура денежных доходов населения за 2000–2014 гг.

Примечание: источник [1].

Анализ рис. 1 показывает, что более 60 % денежных доходов населения составляет непосредственно заработная плата, около 20 % приходится на трансферты населению в виде обязательных государственных выплат (пенсий, пособий, стипендий, социальных выплат и др.) и около 15 % доходов приходится на доходы от предпринимательской деятельности, реализации имущества и собственности (% по депозитам, дивиденды и др.) и прочие доходы. Динамика анализируемых показателей показывает, что заработная плата продолжает оставаться основным источником поддержания жизнедеятельности большинства трудоспособного населения, а доля доходов от собственности, предпринимательской деятельности составляет небольшой удельный вес по сравнению с заработной платой и социальными выплатами. Последние сконцентрированы у небольшого круга лиц, относящихся к обеспеченному слою общества, на долю которого приходится 29,6 % населения страны, остальные 70,4 % составляют малообеспеченный и бедные слои общества [2].

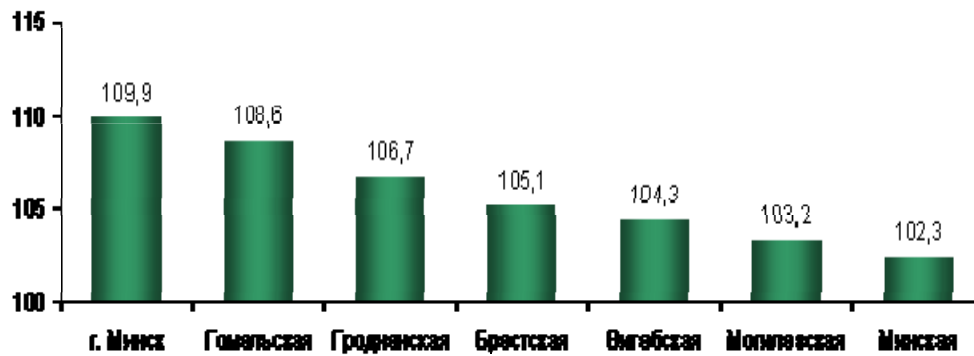


Рис. 2. Реальные располагаемые денежные доходы населения по областям и г. Минску в 2014–январе 2015 г. (в % к соответствующему периоду предыдущего года)

Примечание: источник [1].

Динамика индекса роста реальных денежных доходов в региональном разрезе представлена на рис. 2. Относительный показатель изменения денежных доходов населения, скорректированных на индекс потребительских цен на товары и услуги, свидетельствует о возможности повышения потребительских расходов, наращивания сбережений. Это показатель средней заработной платы, который зависит от уровня производительности труда работников. Анализ данного показателя позволяет судить о непосредственном уровне оплаты труда.

В результате анализа данных рис. 2 можно сделать выводы, что реальные денежные доходы населения в анализируемом периоде имеют положительную динамику. Наиболее быстрыми темпами они увеличивались в г. Минске и Гомельской области, наименьшими – в Могилевской и Минской областях. Наибольший размер среднемесячной заработной платы в 2014 г. характерен для г. Минска (535 долл. США), наименьший – для Могилевской области (356 долл.). Таким образом, существует разница в 1,5 раза в размере среднемесячной заработной платы между регионами.

В настоящее время в Беларуси помимо региональных различий в уровнях заработной платы работников усиливается дифференциация в оплате труда по видам экономической деятельности и имеет место снижение уровня заработной платы, связанное с постепенно ухудшающимся общим экономическим положением в стране, что является следствием недостаточной конкурентоспособности белорусских товаров на внешних рынках, убыточностью отечественных производителей, низким уровнем обновления активной части их основных средств.

Так, номинальная начисленная средняя заработная плата работников Республики Беларусь в январе 2015 г. составила 6023,2 тыс. р. и уменьшилась по сравнению с декабрем 2014 г. на 11,5 %, или на 782,8 тыс. р. Реальная заработная плата (заработная плата, рассчитанная с учетом роста потребительских цен на товары и услуги) в январе 2015 г. по сравнению с декабрем 2014 г. уменьшилась на 13,6 %. В январе 2015 г. в промышленности средняя заработная плата составила 6256,1 тыс. р., в строительстве – 7022,6 тыс. р., на транспорте и связи – 6952,3 тыс. р., в сельском и лесном хозяйстве – 4462,7 тыс. р., в образовании – 4439,3 тыс. р., в том числе учителей – 5354,3 тыс. р., профессорско-преподавательского состава – 6929,7 тыс. р. Заработная плата работников здравоохранения в январе 2015 г. сложилась в размере 4997,1 тыс. р. Средняя заработная плата врачей составила 8058,7 тыс. р., среднего медицинского персонала – 4988,2 тыс. р. [3]. Итак, существует разрыв в оплате труда

между сферами (производственной и непроизводственной), в том числе по профессионально-квалификационным группам. Высокая зарплата характерна для перерабатывающей промышленности и отраслей, связанных с энергоносителями и металлами. Низкий уровень зарплаты характерен для работников бюджетной сферы и социального обеспечения.

Таким образом, на наш взгляд, следует принимать меры по стабилизации общего экономического положения, что, безусловно, положительно повлияет и на уровень заработной платы. Государству следует обеспечивать устойчивый рост уровня жизни населения и сокращение бедности. Поэтому политику в области оплаты труда следует формировать так, чтобы заработная плата стала важнейшим фактором экономического роста и повышения эффективности производства. Оплата труда работников организаций непосредственно должна зависеть от производительности их труда. Следует усиливать связь доплат и надбавок с конкретными достижениями в труде через ряд стимулирующих мер материального характера (надбавок, компенсаций, ссуд, льготных кредитов, медицинского обслуживания и страхования, оплаты транспортных расходов и др.) и нематериального характера (повышение квалификации сотрудников, дополнительные отпуска, гибкий график работы и др.).

Важным направлением в области совершенствования оплаты труда следует выделить расширение прав нанимателей в применении гибких систем оплаты труда (создание механизма поощрения от прибыли, получаемой в результате роста производительности труда, повышения качества продукции, экономии материалов, надежности работы, удовлетворения требований потребителей). Следует избегать «уровнировки» за счет усиления дифференциации зарплат в зависимости от конкретных результатов работы. Также необходимо повышать роль государственных минимальных социальных гарантий, обеспечивать повышение защищенности социально уязвимых слоев населения, повышать качество нормирования труда.

#### Литература

1. Статистические данные Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь // М-во труда и соц. защиты Респ. Беларусь. – 2015. – Режим доступа: [www.mintrud.gov.by](http://www.mintrud.gov.by). – Дата доступа: 10.03.2015.
2. Официальная статистика населения Республики Беларусь // Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – 2015. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 10.03.2015.
3. О номинальной начисленной заработной плате в Республике Беларусь // Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – 2015. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 10.03.2015.

### **ТЕНДЕНЦИИ И ОСОБЕННОСТИ МАРКЕТИНГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ**

**Т. П. Головащенко, А. В. Шамак**

*Филиал ТюмГНГУ Ноябрьского института нефти и газа, Россия*

Научный руководитель Р. Н. Зиязова

Машиностроение является ведущей отраслью всей промышленности, ее «сердцевиной». Продукция предприятий машиностроения играет решающую роль в реализации достижений научно-технического прогресса во всех областях хозяйства. На долю машиностроительного комплекса приходится почти 30 % от общего объема промышленной продукции. В нашей стране эта отрасль развита недостаточно. В



Японии, Германии, США удельный вес машиностроения в промышленной структуре составляет от 40 до 50 %.

По экспорту машиностроение занимает второе место после топливно-энергетического комплекса. Эта отрасль дает 12 % экспорта России. Если брать Японию и Германию, то их экспорт составляет: Япония – 60 %, Германия – 45 %. Машиностроительный комплекс занимает первое место по выпуску валовой продукции, второе место по основным фондам (25 %) и первое место по промышленному персоналу (42 %).

Ассортимент выпускаемой продукции машиностроения чрезвычайно велик, что не только обуславливает глубокую дифференциацию его отраслей, но и оказывает сильное воздействие на размещение производства отдельных видов продукции.

В целом машиностроение относится к отраслям так называемого «свободного размещения», так как оно в меньшей степени, чем любая другая отрасль промышленности, испытывает влияние таких факторов, как природная среда, наличие ресурсов полезных ископаемых, воды и т. д. В то же время на размещение предприятий машиностроения сильное воздействие оказывает ряд экономических факторов, особенно концентрация производства, его специализация, кооперация, трудоемкость отдельных видов продукции, удобство транспортно-экономических связей, возникающих в процессе кооперации машиностроительных предприятий.

Специализация машиностроения достигла очень высокого развития. В отрасли широко распространена предметная специализация, технологическая специализация и поддетальная специализация. Специализация в машиностроении определяется профилем машиностроительных предприятий и характером выпускаемой продукции – массовым, крупносерийным, мелкосерийным, индивидуальным. Выпуск массовой продукции уменьшает возможности создания на предприятиях всего технологического процесса и способствует развитию технологической специализации. Однако и выпуск особо сложной мелкосерийной и индивидуальной продукции нередко возможен только на основе поддетальной и технологической специализации.

В сфере машиностроения можно отметить следующие основные тенденции:

1. Значительное увеличение доли собственных средств предприятий в структуре источников финансирования инвестиций в основной капитал.

Маркетинг является относительно новой функциональной областью на предприятиях машиностроения России. Поэтому несмотря на то, что маркетинговые подразделения возникли и функционируют в промышленности уже более 10 лет, в этой области до сих пор сохраняются отдельные организационные проблемы, на которые указывают как управленцы-практики, так и исследователи-теоретики.

В то же время роль маркетинговой деятельности для предприятий машиностроения в современных условиях сложно переоценить. Во-первых, это связано с насущной проблемой диверсификации рынков сбыта продукции отечественных промышленных предприятий. Во-вторых, этого требует логика развития мирового хозяйства: информатизация, глобализация, усиление конкуренции на мировых рынках, уменьшение длительности инновационных циклов и другие, хорошо известные тенденции начала XXI в. – все это вынуждает предприятия глубже анализировать потребности своих целевых покупателей, прогнозировать действия конкурентов, разрабатывать гибкую товарную и ценовую политику, оптимизировать распределение и широко использовать такие инструменты, как реклама и PR.

2. Маркетинг, являясь относительно новой функциональной областью на предприятии, тем не менее уже полностью выделился и оформился в самостоятельное подразделение на предприятиях машиностроения – только 22,2 % предприятий не имеют в своем составе маркетинговых подразделений.

Операционные функции маркетинга (работа с конкретным клиентом, складирование готовой продукции, ее транспортировка, торговля, оформление документации) выполняются на всех предприятиях, функции тактического уровня (исследование рынка, прогнозирование спроса, планирование комплекса маркетинга) выполняются только на 72,2 %, функции стратегического маркетинга (портфельный менеджмент, т. е. активное управление разными направлениями деятельности, а также поиск альтернатив, выходящих за рамки существующего бизнеса) в частичном виде – на 1/3 предприятий, а в полном (как того требует теория) – ни на одном предприятии приборостроения России.

Как правило, на машиностроительных предприятиях стратегические функции выполняются непосредственно высшим руководством и закрепляются в виде соответствующих разделов бизнес-плана работы предприятия на год (или больший период), а специальные структурные единицы (например, стратегический штаб, отдел стратегического маркетинга) в большинстве случаев не существуют.

3. Чрезвычайно важным вопросом является степень межфункциональной координации маркетинга, т. е. согласованность маркетинговых функций и отсутствие «организационных разрывов», когда отдельные специфически маркетинговые функции (исследования, реклама, сбыт, ценообразование) выполняются различными подразделениями, находящимися в подчинении у разных заместителей директора. Как показывает исследование, не на всех предприятиях машиностроительного профиля выполняется данное положение, которое вытекает из логики системного подхода к организации маркетинговой деятельности.

Отсутствие межфункциональной координации вызвано во многом чисто субъективными причинами: недопонимание роли маркетинга высшим руководством, сопротивление руководителей среднего звена реструктуризации управления и т. п.

Однако существуют и вполне объективные причины такой ситуации. В большинстве случаев межфункциональной «разорванности» наблюдается отделение внешнеэкономической деятельности (т. е. маркетинга рынков так называемого дальнего зарубежья) от маркетинговой деятельности внутри страны и на рынках СНГ.

Западные компании (и западные теоретики-маркетологи) обычно рассматривают внешний рынок в одном ряду с внутренним рынком. В условиях постсоветских республик, по всей видимости, существует необходимость отделять маркетинг отечественного (внутреннего) рынка и рынка внешнего, особенно рынка стран так называемого дальнего зарубежья.

Анализ деятельности предприятий машиностроения свидетельствует о том, что наибольшей значимостью для принятия маркетинговых решений обладает информация логистического характера: объемы товаров на складах готовой продукции, степень готовности того или иного контракта в торговой сети, объемы отгрузки и т. д. 68,6 % предприятий присвоили этому типу информации приоритет «высокая значимость», 25,0 % – «средняя», а ответов «невысокая значимость» было получено 6,3 %. На втором месте по значимости идет информация о потребителях, по которой была выставлена оценка «невысокая значимость» только 12,5 % предприятий, а оценка «высокая значимость» – 43,8 %.

Если говорить об информации о внешней среде, то большая часть предприятий машиностроения оценивает потребность в ней как среднюю. Только 25,0 % обследованных предприятий присвоили информации о стратегических факторах внешней среды оценку «высокая значимость». Самый низкий приоритет имеет информация о посредниках и конкурентах.

Важным вопросом в информационном обеспечении является способ хранения информации. Так, информация может анализироваться, но специально не хранится.

Например, маркетологи (в том числе руководители) читают специализированные издания, получают информацию посредством общедоступных СМИ, однако такая информация может далее не храниться в виде каких-то документов или обзоров.

Возможно традиционное хранение информации – в виде документов, отчетов, обзоров-анализов на бумажных носителях. Более эффективно хранение информации в электронном виде, например, как таблицы данных Microsoft Excel. Такой способ позволяет осуществлять быстрый поиск нужных данных, их форматирование, графическое представление. Наиболее предпочтительным способом хранения является хранение массивов информации в виде баз данных со специальным программным обеспечением, позволяющих оперативно формировать различного рода выборки по датам, территориям, товарам или группам покупателей, осуществлять статистический и иной анализ.

Способ хранения информации напрямую зависит от уровня компьютеризации тех или иных маркетинговых информационных процессов.

Таким образом, если сравнивать развитие маркетинга в России и за рубежом, то можно отметить, что в России инструментарий маркетинга используется предпринимателями далеко не в полном объеме, даже учитывая уровень развития производительных сил и инфраструктуры.

#### Литература

1. Алексеев, А. Основы проведения маркетинговых исследований / А. Алексеев, Г. Багиев. – СПб. : Питер, 2003.
2. Алексунин, В. А. Международный маркетинг : учеб. пособие / В. А. Алексунин. – М. : Издат. дом «Дашков и К<sup>о</sup>», 2009. – 160 с.

## СПЕЦИФИКА ТУРИСТИЧЕСКИХ РИСКОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

**М. В. Гончар**

*Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель И. А. Фукова

Неотъемлемой чертой любого предпринимательства, в том числе и туристского бизнеса, являются риски, которые различаются причинами возникновения, широтой действия и прочими показателями, но их объединяет одно – негативные последствия, которые наступают после их возникновения.

Рассматривая такой вид предпринимательства, как туристский бизнес, необходимо отметить, что он является одним из самых рискованных видов деятельности в сфере предоставления услуг, вследствие чего увеличивается число рискованных случаев, характерных лишь для этого вида деятельности. Практика международного туризма свидетельствует, что с увеличением количества путешествующих (предполагается, что к 2020 г. количество международных туристских прибытий превысит уровень 2000 г. в три раза и составит 1,6 млрд человек) и расширением географии туристских поездок актуальность вопросов обеспечения безопасности в международном туризме все более возрастает.

Координатором работы в сфере туристической деятельности является Всемирная туристская организация (ВТО), которая с октября 2003 г. является специализированным учреждением ООН. В 1994 г. был создан Комитет по качеству туристского обслуживания, в компетенцию которого входит разработка мер по обеспечению безопасности туризма, уменьшению рисков при путешествиях и защите туристов. В

рамках достижения вышеуказанных целей данный Комитет реализует Программу качества развития туризма, включающую:

- создание системы регулирования в сфере торговли туристскими услугами, в том числе и меры по либерализации и конкуренции;
- безопасность и охрану, включая охрану здоровья;
- стандарты качества.

Существует ряд опасностей, которые постигают туристов на отдыхе, и эти опасности в большинстве случаев предсказать сложно или вовсе невозможно:

1. Природные явления, характеризующиеся стихийным характером – пожарами, землетрясениями, наводнениями. Просчитать природные риски сложно, особенно в связи с глобальными изменениями климата. И хотя природные риски, как правило, краткосрочны, к ним нужно относиться с наибольшей осторожностью. В 2014 г. произошли такие природные явления, как землетрясение в Китае, проливные дожди на Мадагаскаре, аномальные снегопады в США, которые унесли немало жизней. А что касается туристического бизнеса, то он также пострадал: задерживались самолеты, отменялись рейсы или людей попросту не выпускали из отелей ввиду опасности. Что касается Беларуси, то с точки зрения природных явлений она не представляет никакой опасности, и это играет лишь на пользу.

2. Экстремальные ситуации общественной жизни: военные действия, забастовки, массовые заболевания. Ярким примером на сегодняшний день служит Украина, где ситуация не только неспокойна и нестабильна, но и крайне опасна для местного населения, а для туристов тем более. Также политическая обстановка накалена в городах Египта и столице Таиланда Бангкоке. Турбизнес хоть и несет убытки в таких случаях, но безопасность туристов дороже. Относительно экстремальных ситуаций и нестабильности Беларусь также оказывается в выигрыше, однако то, что она граничит с воюющей Украиной, может оттолкнуть туристов.

3. Запретительные акты государства: объявление карантина, ограничение перевозок на определенных направлениях, запрет торговых операций с отдельными странами вследствие применения международных санкций. Так, например, вирус птичьего и свиного гриппа, который постиг большое количество стран несколько лет назад, испортил планы туристов на поездки, однако именно запретительные санкции государств, где вирус носил наиболее массовый характер, позволили сохранить здоровье этих туристов. Ярким примером запретных санкций является ситуация в России, которая не может сказаться позитивно на туризме, который несет убытки вследствие снижения популярности шоп-туров. Ни для кого не секрет, что белорусы боятся ехать через Украину на отдых, что заставляет туристические фирмы изыскивать другие варианты отправки туристов, не всегда удобные для самих туристов.

4. Сложность визового режима. Это характерная черта Беларуси, которая делает как въездной, так и выездной туризм сложным и достаточно затратным барьером. Правила оформления виз постоянно меняются, что не может сказаться положительно. Так, например, оформить визу в Беларусь из США будет стоить около 500 долл., и в этой системе без специалистов не разобраться. В то же время визы в такие страны, как Бразилия и Эквадор, не нужны обеим сторонам, и это может в любой момент измениться. Подобная нестабильность существенно затрудняет работу туристических фирм, которые обязаны мониторить ситуацию и немедленно реагировать на изменения. Однако в 2014 г. были случаи выдачи ошибочных виз, которые оформлялись по старым образцам, что, несомненно, испортило отдых не одному десятку человек. Но не все так плохо, белорусы могут выезжать без виз в Черногорию, Сербию, Молдову, Армению, на Кубу и некоторые другие страны.

5. Экономические проблемы. Массовое разорение российских туроператоров вынудило Министерство спорта и туризма Беларуси задуматься о мерах дополнительной защиты белорусских туристов, которые самостоятельно или через отечественных партнеров пользуются услугами российских турфирм. Однако на сегодняшний день данный вопрос не решен и каждый турист делает выбор для себя – рисковать или нет.

Еще одной проблемой, связанной с экономикой, является запрет для расчета в иностранной валюте с турфирмами. Туристические компании, занимающиеся въездным туризмом, и гостиницы в панике. Письмо Национального банка «О сокращении случаев расчетов в иностранной валюте с участием физических лиц» аннулирует не только валютные лицензии турфирм, реализующих нашим гражданам путевки, но и разрешение на проведение расчетов в иностранной валюте с физическими лицами. Это значит только одно – туристические компании будут повышать цены в белорусских рублях, так как покупка валюты на бирже влечет за собой снятие комиссии в банке.

Также можно выделить такую проблему, как незащищенность туристических компаний. Существует много примеров, когда недовольные отдыхом туристы, несмотря на то что их недовольство напрямую не связано с деятельностью туристической компании, подают в суд именно на эти туристические компании. Это значит, что на непонравившийся отель, питание или прочие условия пребывания, которые туристическая компания не в состоянии заранее оценить, туристы могут пожаловаться прямо в суд. И в большинстве случаев, чтобы не потерять репутацию, компании выплачивают компенсации. А для туристов это значит, что такие риски закладываются в стоимость тура изначально.

Подводя итог, можно сказать, что риски в туризме на примере Беларуси имеют весьма обширный характер. Чтобы решать и предотвращать их, нужно предпринимать различные меры: государственное регулирование и контроль над деятельностью туристических компаний, установление более четких границ прав и обязанностей как турфирм, так и самих туристов; всевозможные страховые услуги, которые позволят обезопасить обе стороны, и прочие меры, которые позволят облегчить работу туристическим компаниям и сделать отдых для туристов более надежным и безопасным.

#### Литература

1. Радионовский, М. В. Риски в туризме / М. В. Радионовский // Турбизнес. – 2011. – № 1. – С. 12.

### **ШОП-ТУРИЗМ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

**В. В. Чижова**

*Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Е. Н. Карчевская

В последнее время шопинг становится определяющим фактором, влияющим на выбор назначения, важным компонентом общего впечатления от путешествий и, в некоторых случаях, основной мотивацией поездки. Таким образом, существует огромная возможность использовать эту новую тенденцию на рынке, развивая шопинг, который увеличивает стоимость туристического предложения, одновременно укрепляя и даже определяя бренд и позиционирование туристического региона.

Что еще более важно, шопинг является одной из основных категорий расходов туристов, что составляет значительный источник дохода для национальной экономики. Благодаря развитию розничной торговли, шопинг-туризм может служить в качестве

платформы для обновления городов путем добавления значимости регионам, посещение которых было немислимым для туристов. Города используют шоппинг для повышения привлекательности, поддерживая экономический рост и получая доход.

Шоппинг-туризм – это вид туризма, целью поездок которого является покупка определенных видов товаров.

Во все времена люди во время поездок в другую страну покупали товары по более низкой цене, сувениры или продукты местного производства для себя и своих близких. Существует теория о том, что шоппинг-туризм берет свое начало во времена первобытного строя, когда представители племен совершали далекие путешествия с целью меновой торговли. Одними из первых постоянных маршрутов шоппинг-туризма можно считать Великий шелковый путь и торговый путь из варяг в греки. Разумеется, в те времена шоппинг-туризм имел другой вид, а подлинную массовость и само название он приобрел в конце XX в. В Республике Беларусь он возник в 90-х гг. во время перестройки, когда открылись границы для свободного посещения других стран и люди начали ездить за разными товарами в Польшу, а потом в Грецию за шубами. Но стимулом для таких поездок чаще всего была экономия, а не охота за раритетными и ценными товарами.

Шоппинг-туризм – прямое следствие достаточно высоких внутренних цен на одежду, обувь, мебель, некоторые виды продуктов питания. Иногда главным мотивом для шоппинг-туризма является не цена, а ассортимент и обстоятельства покупки, ведь, например, в Беларусь не поставляются вещи ведущих домов моды.

Уникальная возможность совместить шоппинг и путешествия – причина высокой популярности шоппинг-туризма по всему миру. Главным достоинством шоппинг-туров является то, что их нельзя считать абсолютно деловыми поездками. Это, в первую очередь, туристическая поездка, а значит, туристов ждут первоклассные отели с пляжами и бассейнами, бары, рестораны, ночные клубы.

Шоппинг-туры – явление для Республики Беларусь не новое. В основном белорусы придерживаются четырех направлений для шоппинг-туров: Польша, Литва, Украина, Россия. Из этих стран помимо одежды можно привезти машины, строительные материалы и технику. По данным Департамента по туризму Литвы, в среднем за одну поездку белорусский турист оставляет на литовской территории около 450 долл. В 2013 г. Литву посетило 637,5 тыс. белорусских туристов, среди которых 314,7 тыс. совершали поездку ради покупок [1].

Результаты опроса, который провело латвийское рекламное агентство «AD HUNTERS BALTICS», показали, что 84 % иностранцев, побывавших в Беларуси, поменяли свое мнение о стране в лучшую сторону. Простых туристов удивили полные полки в магазинах и современные супермаркеты, отменное качество белорусских товаров. Например, косметики, продуктов питания, одежды, стройматериалов. Единственное, в чем Беларусь уступает пока странам Евросоюза, это обслуживание в секторе общественного питания [2].

Иностранцы, приехавшие издалека, особенно любят изделия традиционных белорусских ремесел: соломоплетения, гончарного дела, льноткачества, резьбы по дереву. В далекие страны десятками уезжают соломенные куклы, лебеди, шляпы, глиняные горшочки и статуэтки, деревянные шкатулки, матрешки, балалайки, ложки с витиеватым белорусским орнаментом и белоснежные льняные скатерти и салфетки, которые весьма практичны и, безусловно, красивы. К числу любимых сувениров относятся также изделия из янтаря, фарфор и живописные открытки с белорусскими пейзажами [3].

Однако Беларусь, следует признать, далеко не полностью использует свой потенциал для развития этого сегмента туризма. Беларусь – транзитная страна. Через нее с востока на запад и с запада на восток движутся плотные потоки иностранцев, но не задерживаются.

Некоторые страны уже принимают меры по развитию шопинг-туризма, так, например, в Санто-Доминго (Доминикана) была открыта новая линия метро, которая обеспечивает легкий доступ к наиболее популярным торговым центрам.

В Испании организуется масштабная конференция по шопинг-туризму, введение дополнительных авиарейсов и упрощение визового режима, осуществляется дополнительное финансирование иностранных рекламных компаний, изменение режима функционирования торговых точек. Кроме того, торговые улицы располагаются вблизи достопримечательностей, что обеспечивает непрерывный поток туристов.

По результатам опроса, проведенного автором доклада, респонденты предпочитают отправляться в шопинг-туры с семьей (48 %) и с друзьями (44 %). Лишь 4 % опрошенных предпочитают отправляться в поездки в одиночестве или в составе группы. 70 % опрошенных готовы потратить на покупки до 500 долл., 30 % – от 500 до 1000 долл.

Наиболее популярными направлениями для шоп-туризма являются Украина и Россия – по этим направлениям ездили 44,2 и 26,9 % респондентов, соответственно. Среди стран, в которые респонденты хотели бы отправиться на шопинг, самыми популярными оказались Украина, Польша, Италия, Китай, США.

Наиболее важным при выборе шоп-туров является цена и качество товаров – 27 и 26 % опрошенных, соответственно. Далее стоят дизайн товаров (20 %) и эксклюзивность (17 %). Наименее значимым оказалось качество обслуживания (10 %).

Направления туров, предлагаемые в г. Гомеле, представлены в таблице.

### Шопинг-туры, предлагаемые в г. Гомеле

Страна	Город	Турфирмы, предлагающие шоп-тур
Украина	Хмельницкий	Креатив трэвел Гомельское бюро путешествий и экскурсий Сан Дали тур Альва Транс-тур
	Чернигов	Креатив трэвел Гомельское бюро путешествий и экскурсий Сан Дали тур Альва Транс-тур Комфорт Вояж Навитур
	Киев	ИрЭндТур Айдатур Литвин Авто Джой тур

Окончание табл.

Страна	Город	Турфирмы, предлагающие шоп-тур
		Сан Дали тур Альва Транс-тур Навитур Креатив трэвел ИрЭндТур Айдатур Литвин Авто Джой тур
Россия	Москва	Альва Транс-тур Навитур Гомельское бюро путешествий и экскурсий Сож–89 Креатив трэвел ИрЭндТур Сан Дали тур
	Брянск	Гомельское бюро путешествий и экскурсий Джой тур
Литва	Вильнюс	Турпарад Орис трэвел Креатив трэвел
Польша	Варшава	Турпарад Креатив трэвел
	Белосток	Креатив трэвел Сан Дали тур Альва Транс-тур Турпарад Столица
Греция	Касторья	Музенидис трэвел Турпарад Креатив трэвел

Источник: собственная разработка автора.

С 2013 г. в Беларуси введена система tax free, с помощью которой иностранные граждане могут вернуть налог на добавленную стоимость с купленных белорусских товаров. Исключение – граждане государств Таможенного союза: они не могут воспользоваться услугой tax free, так как между участниками ТС (Беларусь, Россия, Казахстан) нет таможенных границ.

Таким образом, Республике Беларусь необходимо развивать данный сегмент туризма, а в первую очередь следует повысить информированность иностранцев, развить белорусские бренды, также стоит перенимать опыт других стран, научиться использовать возможности выгодного геополитического расположения страны.

#### Литература

1. Tourism In Lithuania Statistical – Publication in Lithuanian and English. – Vilnius, 2013. – 126 p.
2. Портал газеты «Туризм и Отдых». – Минск, 2011. – Режим доступа: <http://www.tio.by>. – Дата доступа: 07.03.2014.
3. Официальный сайт Республики Беларусь. – Минск, 2009. – Режим доступа: <http://www.belarus.by>. – Дата доступа: 07.03.2014.



## РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ СОЦИАЛЬНО-ЭТИЧНОГО МАРКЕТИНГА В УСЛОВИЯХ КОНКУРЕНТНОГО РЫНКА

**В. С. Балабешко**

*Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Р. А. Лизакова

Концепция социально-этичного маркетинга ориентируется на удовлетворение нужд потребителей с учетом интересов развития общества. Это относительно новая концепция управления маркетингом. Целью данной концепции является удовлетворение разумных потребностей общества в соответствии с его гуманными интересами. Инструментами, способствующими гармонизации отношений между обществом и компанией, являются: влияние на уровень занятости населения, ответственность за охрану окружающей среды, безопасность труда и т. д. Концепция требует, чтобы были сбалансированы три фактора – прибыль фирмы, потребности покупателей и интересы общества. Компания обязана иметь комплекс социальных программ. Содержание программ должно соответствовать интересам общества.

В литературе имеется достаточно много примеров по действию компаний с мировым именем в рамках социально-этичной концепции. Например, компания «Макдоналдс», которая, чтобы не потерять значительную часть покупателей, была вынуждена пойти на достаточно затратные меры по обеспечению экологичности производства: использованное растительное масло стали собирать в специальные емкости и позже передавать для производства биотоплива, пластиковые палочки и стаканчики заменили на деревянные, пригодные к вторичной переработке, а сами стаканчики и тарелки сделали тоньше и т. д. Помимо этого, «Макдоналдс» активно участвует в решении социальных проблем сиротства через проводимые благотворительные акции.

Одной из самых известных организаций, занимающихся этим, является Product Red, сотрудничающая с крупными компаниями и привлекающая средства для Международного фонда по борьбе со СПИДом. Основателем компании является вокалист группы U2 Боно, а свою продукцию в сотрудничестве с «Red» выпускали такие гиганты, как Apple, Armani, Microsoft, Dell, Motorola, The Gap, American Express и многие другие. Деятельность компании Product Red четко демонстрирует разницу между социальным маркетингом и благотворительностью, поскольку затраты на продвижение товаров Product Red значительно превышают суммы, переводимые на благотворительность. Однако при этом реклама и продвижение Product Red одновременно является продвижением идей социального маркетинга, поскольку если бы они просто пожертвовали эти деньги, то это не привлекло бы значительного внимания публики. Европейский фонд «Справедливая торговля», занимающийся поддержкой стран третьего мира, сертифицирует производителей шоколада, если они покупают какао по комфортным для фермеров Доминиканской республики ценам. В результате получается «социальный шоколад» с особым брендом Max Nyvalaar, который хотя и стоит на 2–4 % дороже обычного, но занимает на высококонкурентном рынке прочную нишу за счет «ответственных потребителей» Европы.

На отечественном рынке данная концепция только получает свое становление. Основная проблема внедрения такой концепции в деятельность предприятий заключается в том, что фактически не прослеживается четкая зависимость между потраченным объемом инвестиций на социальные мероприятия и полученными доходами. Тем более что компании по продвижению могут быть легко скопированы, что не

принесет предприятию-новатору конкурентного преимущества. Однако следует отметить, что игнорирование данной концепции возможно только на отечественном рынке, и то при отсутствии острой конкуренции. Если предприятие намерено выйти на зарубежный рынок, внедрение концепции социально-этичного маркетинга в его предпринимательскую деятельность является обязательным условием для победы в конкурентной борьбе.

**Секция IX  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И МОДЕЛИРОВАНИЕ**

---

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ДИНАМИКИ ПРОЦЕССОВ ДРОБЛЕНИЯ РУДЫ В КОНУСНЫХ  
ДРОБИЛКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТРИЧНОЙ  
МНОГОЗОННОЙ МОДЕЛИ**

**А. Ю. Михайленко**

*Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет», Украина*

Данное исследование является логическим продолжением работы [1], в которой была усовершенствована аналитическая многозонная матричная модель процесса дробления руды на горно-обогатительных комбинатах. Предложенное ранее математическое описание позволяет моделировать поведение технологического объекта только в статических режимах, поэтому цель данной работы заключается в разработке и анализе динамической модели. Для моделирования процесса дробления в динамике воспользуемся уравнениями статической модели [1] и материального баланса [2], [3]. Обозначим через  $M_i(t)$  гранулометрический состав руды, находящейся в  $i$ -й зоне рабочего пространства в момент времени  $t$ . За малый промежуток времени  $\Delta t$  изменение массы руды, обусловленное перемещением материала при скорости вращения конуса  $\omega$ , составляет:

$$\Delta M_i = \omega [M_i + (F_i + [B_i S_i + (I - S_i)] C_i M_i) - v_i (I - C_i) M_i] \Delta t, \quad (1)$$

где  $F_i$ ,  $M_i$  – векторы распределения по классам крупности, соответственно, питания и материала, который остается в дробилке, кг или т;  $B_i$ ,  $S_i$  и  $C_i$  – матрицы разрушения, отбора и классификации;  $I$  – единичная матрица размера  $n$ ;  $\omega$  – скорость вращения конуса;  $x_i$  – скорость перемещения руды по камере дробления.

Разделив обе части (1) на  $\Delta t$ , и, переходя к пределу  $\Delta t \rightarrow 0$ , получим дифференциальное уравнение

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta M_i}{\Delta t} = \frac{dM_i}{dt} = \omega [M_i + (F_i + [B_i S_i + (I - S_i)] C_i M_i) - v_i (I - C_i) M_i]. \quad (2)$$

Таким образом, динамическая модель процесса дробления руды в  $i$ -й зоне рабочего пространства, согласно выражению (2), представляет собой апериодическое звено первого порядка с постоянной времени  $T = 1/\omega$ .

Проверка адекватности аналитической модели осуществлялась на испытательной конусной дробилке НКГОК ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» (г. Кривой Рог, Украина). Графические результаты реакции модели и реального объекта на идентичное изменение управлений приведены на рис. 1. Для обеспечения максимальной точности аппроксимации динамики была выполнена корректировка параметров функций классификации, разрушения и отбора методом прямого перебора. На рис. 1 представлены переходные процессы по коэффициенту вариации и отдельному выходу класса -9,1 + 6,7 мм при ступенчатом изменении скорости вращения конуса

с 0 до 14 об/с, а затем до 4 об/с и постоянной ширине щели 10 мм. Для оценки качества моделирования рассчитана среднеквадратическая ошибка (RMSE), которая составила для коэффициента вариации характеристики крупности  $RMSE_{CV} = 0,12$ , для выхода контрольного класса  $-RMSE_T = 0,96\%$ . Однако из-за низкой информативности среднеквадратической ошибки, проанализировать полученный результат сложно, поэтому дополнительно были вычислены коэффициенты вариации среднеквадратических ошибок, которые для рассматриваемых режимных параметров составили  $CV(RMSE_{CV}) = 16,5\%$  и  $CV(RMSE_T) = 19,7\%$ . Полученные показатели, учитывая зашумленность сигналов, вполне приемлемые. Таким образом, можно утверждать, что влияние скорости на выходные координаты математически описано адекватно.

Несмотря на приемлемое в целом качество моделирования процесса дробления, использование матричной модели для разработки регулятора не целесообразно. Это связано со значительным временем определения параметров модели, обусловленного сложным характером математических зависимостей. Так, при проведении исследований в лабораторных условиях параметрическая идентификация заняла 19 мин 42 с на персональном компьютере с конфигурацией: AMD Athlon II X4 645 3.1 GHz, 4096 MB DDR3 SDRAM, Windows 7 x64.

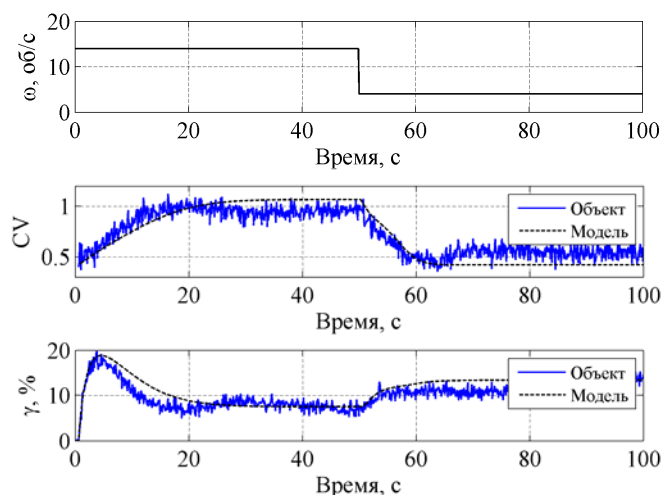


Рис. 1. Переходные характеристики разомкнутых контуров САР процесса дробления и его аналитической модели при  $\theta = \text{const}$ ,  $\omega = \text{var}$

Время расчетов значительно превышает инерционность процесса, которая в среднем составляет 20 с. С учетом влияния высокочастотных возмущений, обусловленных колебаниями качества сырья, до момента определения параметров модель теряет свою актуальность. Однако, несмотря на этот недостаток, аналитическую матричную модель можно использовать в качестве источника данных при идентификации унифицированных структур. Для выбора класса прогнозирующей модели необходимо установить является ли аналитическая матричная модель линейной.

Выполним проверку на соответствие принципам однородности и суперпозиции [4]. На рис. 2, 3 приведены результаты проверки на линейность при переменной скорости вращения и постоянной ширине щели  $\theta = 10$  мм.

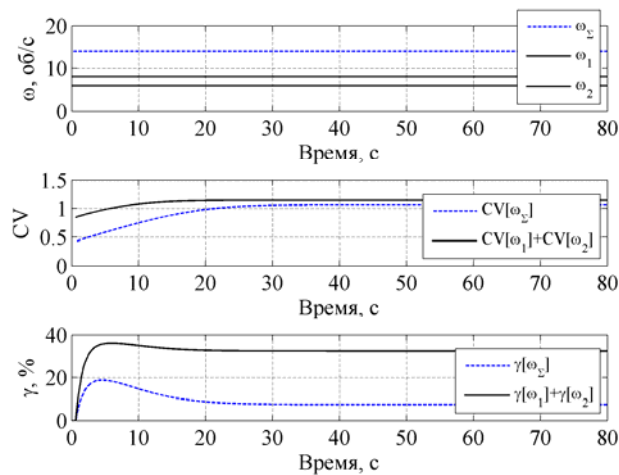


Рис. 2. Переходные характеристики разомкнутых контуров САР при  $\omega_1 = 6$  об/с,  $\omega_2 = 8$  об/с,  $\omega_\Sigma = 14$  об/с и  $\theta = \text{const}$

Как видно из рисунков, в обоих случаях, и при подаче на вход сигналов с амплитудой  $\omega_1 = 6$  об/с,  $\omega_2 = 8$  об/с и их суммы  $\omega_\Sigma = 14$  об/с, и при умножении входного сигнала  $\omega = 6$  об/с на константу  $\alpha = 3$ , принципы суперпозиции и однородности не выполняются.

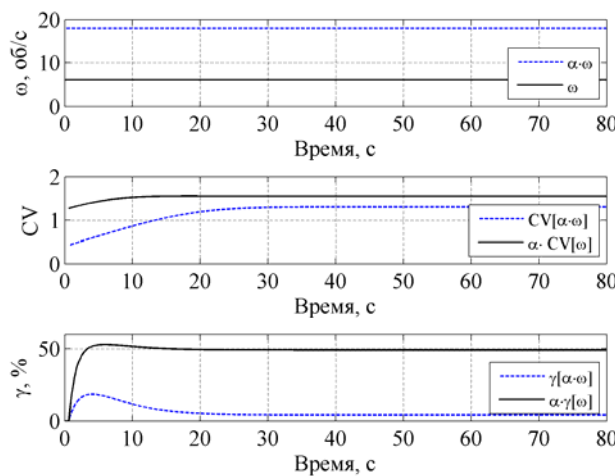


Рис. 3. Переходные характеристики разомкнутых контуров САР при  $\omega = 6$  об/с,  $\alpha = 3$  и  $\theta = \text{const}$

Следует отметить, что при изменении скорости также изменяется инерционность процесса. Так, время переходного процесса при подаче на вход модели отдельных сигналов  $\omega_1 = 6$  об/с,  $\omega_2 = 8$  об/с и их суммы составляет 20 и 30 с, соответственно (рис. 3).

#### Заключение

В результате можно утверждать, что многомерная матричная модель процесса дробления, как собственно и сам процесс, является «существенно» нелинейным. Использование данной аналитической модели при прогнозировании поведения процесса и разработке регуляторов в производственных условиях осложняется необходимостью

оценки значительного количества параметров (при проведении исследований их количество составляло 30 – по 10 на каждую зону рабочего пространства дробилки), невозможностью их определения линейными методами из-за нелинейного характера модели, а также высокой вычислительной нагрузкой при моделировании обуславливаемой решением дифференциальных уравнений для каждой зоны. Однако интерпретируемость модели позволяет применять ее для установления и анализа взаимосвязей между входными величинами процесса дробления и его режимными параметрами.

#### Литература

1. Михайленко, О. Ю. Удосконалення математичної моделі конусної дробарки з урахуванням розділення камери дроблення зони / О. Ю. Михайленко // Вісник Криворізького національного університету : зб. наук. пр. – Кривий Ріг : ДВНЗ «КНУ», 2013. – Вип. 35. – С. 163–170.
2. Atta, K. T. Modelling and On-Line Optimization of Cone Crushers: Licentiate Thesis / Khalid T. Atta. – Lulea : Universitetstryckeriet, 2013. – 63 p.
3. Автоматизация управления обогатительными фабриками / под ред. Б. Д. Кошарского, А. Я. Ситковского, А. В. Красномовец. – М. : Недра, 1977. – 527 с.
4. Поляков, К. Ю. Теория автоматического управления для «чайников» / К. Ю. Поляков. – СПб., 2008. – Ч. 1. – 80 с.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ СОРБЦИИ ВЛАГИ НА ПОВЕРХНОСТИ ПИГМЕНТА КРАСНОГО FGR

А. А. Дегтярев, А. И. Бельков, М. А. Самба Кимвуама

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Тамбовский государственный  
технический университет», Россия*

Научный руководитель К. В. Брянкин

При термическом удалении влаги (сушка) из органических веществ существенную роль играют процессы десорбции влаги с поверхности высушиваемого вещества. Данная работа посвящена моделированию процесса сорбции влаги на поверхности пигмента Красного FGR квантово-химическими *ab initio* методами. Основной целью моделирования является определение энергетических характеристик сорбции и геометрии комплексов сорбтив-сорбент.

В качестве расчетного метода был принят DFT/B3LYP/3-21G(d) [1], в качестве метода оптимизации GDIIIS [2].

Влияние среды не учитывалось. Квантово-химические расчеты проводились с использованием программного комплекса Firefly [3].

Сорбция воды на поверхности пигмента Красного FGR моделировалась при различных вариантах присоединения воды к функциональным группам молекулы пигмента (рис. 1), в качестве вариантов присоединения были выбраны:

- 1) молекула воды рядом с метаводородом хлорзамещенного бензольного кольца (H45);
- 2) молекула воды рядом с гидроксильной и CO амидогруппы (O34-H35 и C17-O18);
- 3) молекула воды рядом с NH амидогруппы (N15-H16);
- 4) молекула воды рядом с азогруппой (N36-N37).

Для имитации нахождения молекулы пигмента Красного FGR в кристалле ее геометрия, полученная на первом этапе расчета, была заморожена за исключением функциональной группы, к которой присоединяется сорбтив.

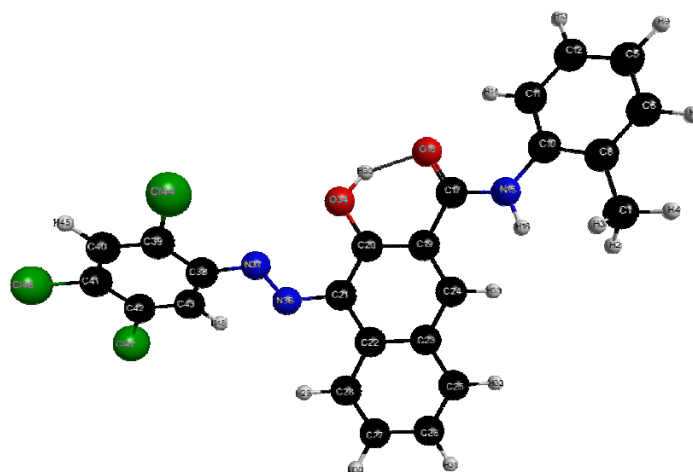


Рис. 1. Молекулярная геометрия пигмента Красного FGR

Во всех случаях после оптимизации геометрической конфигурации комплекса «вода – пигмент Красный FGR» проводился расчет пигмента для контроля мнимых частот.

Результаты расчета энергии связи воды с различными функциональными группами представлены в таблице, геометрия исследуемых комплексов на рис. 2–5.

### Энергии связи воды с пигментом Красным FGR

Описание конфигурации	Энергии связи, кДж/моль
Молекула воды рядом с мета-водородом хлорзамещенного бензольного кольца	-50,04
Молекула воды рядом с гидроксильной и СО амидогруппы	-68,07
Молекула воды рядом с NH амидогруппы	-78,42
Молекула воды рядом с азогруппой	-55,5

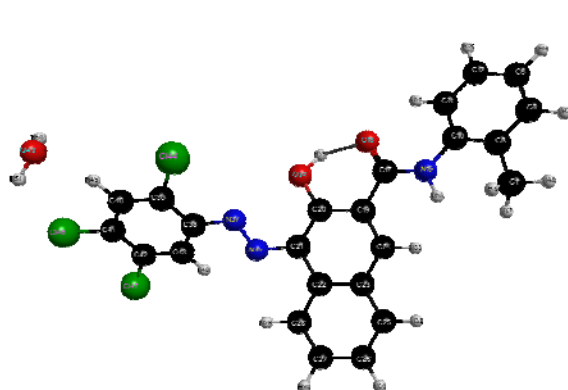


Рис. 2. Геометрия комплекса пигмента Красного FGR с молекулой воды, конфигурация 1

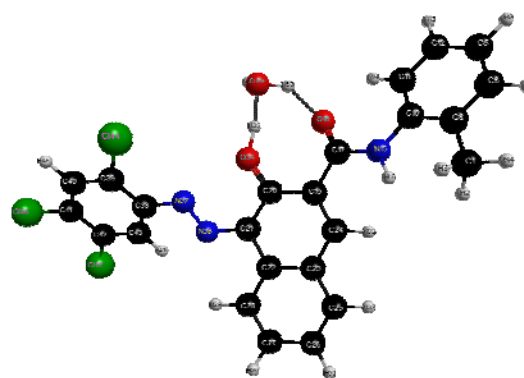


Рис. 3. Геометрия комплекса пигмента Красного FGR с молекулой воды, конфигурация 2

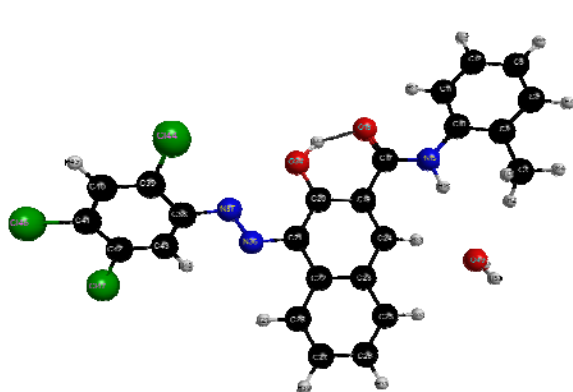


Рис. 4. Геометрия комплекса пигмента Красного FGR с молекулой воды, конфигурация 3

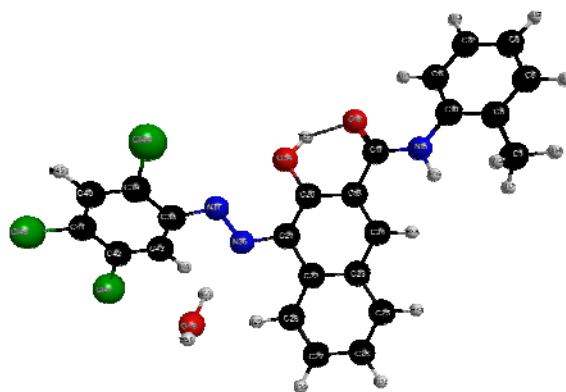


Рис. 5. Геометрия комплекса пигмента Красного FGR с молекулой воды, конфигурация 4

Энергия связи (см. таблицу) есть энергия взаимодействия воды с одиночной молекулой пигмента, реальная энергия сорбции будет несколько выше за счет взаимодействия с общим электростатическим полем кристалла.

На основе анализа результатов, представленных в таблице, можно сделать следующие выводы:

- среди функциональных групп пигмента Красного FGR наибольшее значение энергии связи с молекулой воды имеет амидогруппа;
- конфигурация 2 обладает энергией связи на 10 кДж/моль ниже наиболее энергетически выгодной конфигурации 3, что сравнимо с погрешностью метода ( $\sim 10\text{--}15$  кДж/моль);
- наиболее вероятные места сорбции молекулы воды на молекулярной структуре пигмента Красного FGR – это амидо- и гидроксигруппы.

Также можно отметить, что метод DFT/B3LYP5 с базисом 3-21G(d) вероятнее всего дает расчетные значения энергии сорбции влаги, выше реально существующих [4], в связи с чем будем рекомендовать полученные результаты для понимания процесса сорбции молекулы воды на молекулярную структуру пигмента и оценки качественных параметров сорбции.

#### Литература

1. Leach, A. Molecular modelling. Principles and application / A. Leach. – Pearson education limited, 2001. – 773 p.
2. Farkas, O. Methods for optimizing large molecules. Part III. An improved algorithm for geometry optimization using direct inversion in the iterative subspace (GDIIS) / O. Farkas, B. Schlegel // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2002. – № 4 – P. 11–15.
3. Alex A. Granovsky, Firefly version 8.0.0, www <http://classic.chem.msu.su/gran/firefly/index.html>.
4. Брянкин, К. В. Влияние молекулярной, кристаллической структур органических веществ и наличия примесей солей на энергетические характеристики процесса сушки / К. В. Брянкин, А. А. Дегтярев // Международная научно-техническая конференция «Проблемы ресурсо- и энергосберегающих технологий в промышленности и АПК» (ИПЭТ-2014) (23–26 сент., 2014, Иваново, Россия) : сб. тр. (секц. докл.) / Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2014. – С. 225–229.
5. Леонтьева, А. И. Исследование процесса сушки полупродуктов органических красителей под вакуумом / А. И. Леонтьева, К. В. Брянкин, А. А. Дегтярев // Вестн. ТГТУ. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 326–331.



## АНТИМАГИЧЕСКИЕ КВАДРАТЫ. ПОСТРОЕНИЕ, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ

В. В. Мамчиц

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

Научный руководитель М. А. Гундина

Магические квадраты представляют собой квадратные таблицы размером  $n \times n$ , которые заполнены натуральными числами от 1 до  $n^2$ . Особенностью таких квадратов является то, что сумма чисел по всем строкам, столбцам и диагоналям одинаковы.

Теперь рассмотрим квадраты с противоположными магическим квадратам свойствами – антимагические. Антимагическим квадратом размером  $n \times n$ , который заполнен натуральными числами от 1 до  $n^2$ , называется такая матрица размерности  $n \times n$ , что суммы по строкам, столбцам и диагоналям различны.

Под малодиагональным антимагическим квадратом первого рода  $n$ -го порядка следует понимать таблицу размером  $n \times n$  клеток, заполненную натуральными числами от 1 до  $n^2$  таким образом, что суммы чисел по всем вертикалям, горизонталям и по всем (в том числе и малым) диагоналям попарно различны. Причем к малым диагоналям относятся также и числа, стоящие в углах квадрата.

Под простым антимагическим квадратом второго рода  $n$ -го порядка следует понимать таблицу размером  $n \times n$  клеток, в которой расставлены натуральные числа таким образом, что каждое число от 1 до  $n$  встречается в таблице  $n$  раз, и суммы чисел по всем вертикалям, горизонталям и по главным диагоналям различны.

Рассмотрим построение антимагического квадрата 9-го порядка, все элементы которых различные целые числа 1, 2, ..., 81. Самый простой пример представлен на рис. 1.

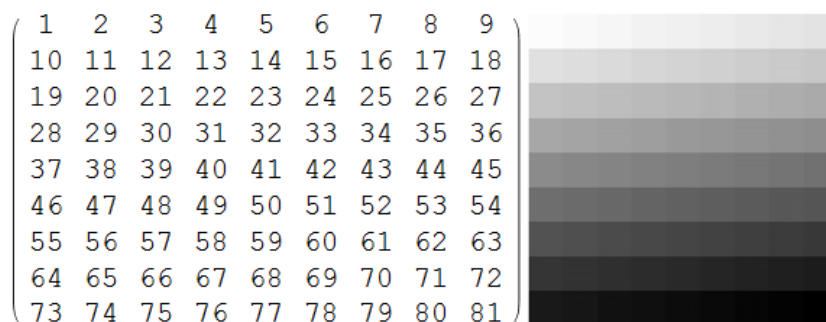


Рис. 1. Антимагический квадрат 9-го порядка, его черно-белое изображение

Пусть  $R_i$  (и  $C_i$ ) – матрицы размера  $n \times n$  с единицами в  $i$ -й строке ( $i$ -м столбце) и нулевыми остальными элементами. Заметим, что антимагический квадрат размера  $n \times n$  обязательно имеет вид [1]:

$$M = \sum_{i=1}^n a_i R_i + \sum_{j=1}^n b_j C_j, \quad (1)$$

где  $a_i, b_j \in N$ .

Пусть  $M$  – антимagicский квадрат. Перестановки строк и столбцов оставляют его антимagicским, и поэтому можно считать, что  $m_{11}$  – наименьший элемент  $M$ . Положим  $a_i = m_{i1} - m_{11}$ ,  $b_j = m_{1j}$ . Из определения магического квадрата  $m_{ij} = m_{i1} + m_{1j} - m_{11}$ .

Найдем простое явное выражение для числа антимagicских квадратов размера  $n \times n$  размерностью  $n$ .

Чтобы получить антимagicский квадрат  $M$  индекса  $n$ , подберем числа  $a_i$  и  $b_j$ , введенные ранее, таким образом, чтобы сумма всех  $a_i$  и  $b_j$  равна была  $n$ . Это можно сделать  $C_{2d-1}^{2d+n-1}$  способами. Поскольку единственные соотношения, которым удовлетворяют матрицы  $R, C$  – это скалярные кратные тождества вида  $\sum R_i = \sum C_i$ , то получим каждую матрицу  $M$  по одному разу, если вычтем из числа  $C_{2d-1}^{2d+n-1}$  число решений уравнения  $\sum a_i + \sum b_j = n$ , где  $a_i \in N$ , а  $b_j \in N$ . Отсюда вытекает, что искомым ответ – это число  $C_{2d-1}^{2d+n-1} - C_{2d-1}^{d+n-1}$ .

Рассмотрим вопрос, касающийся преобразований антимagicских квадратов, которые сохраняют свойство «антимagicности». Остановимся подробнее на создании функции, реализующей поворот антимagicского квадрата по часовой стрелке в системе Mathematica. Для начала создаем исходную матрицу размерностью  $n \times n$ . Построим функцию с помощью встроенных функций *Module[]* (позволяет реализовать блок операций), *Dimensions[M]* (определяет количество строк и столбцов квадрата), так как эти значения совпадают (количество строк и столбцов), то можно работать только с одним из этих чисел. *Print* – позволяет вывести на экран все полученные антимagicские квадраты. *Return* возвращает результат функции (рис. 2).

$$\begin{pmatrix} 73 & 64 & 55 & 46 & 37 & 28 & 19 & 10 & 1 \\ 74 & 65 & 56 & 47 & 38 & 29 & 20 & 11 & 2 \\ 75 & 66 & 57 & 48 & 39 & 30 & 21 & 12 & 3 \\ 76 & 67 & 58 & 49 & 40 & 31 & 22 & 13 & 4 \\ 77 & 68 & 59 & 50 & 41 & 32 & 23 & 14 & 5 \\ 78 & 69 & 60 & 51 & 42 & 33 & 24 & 15 & 6 \\ 79 & 70 & 61 & 52 & 43 & 34 & 25 & 16 & 7 \\ 80 & 71 & 62 & 53 & 44 & 35 & 26 & 17 & 8 \\ 81 & 72 & 63 & 54 & 45 & 36 & 27 & 18 & 9 \end{pmatrix}$$

Рис. 2. Поворот по часовой стрелке на 90 градусов относительно центра квадрата

Поворот антимagicского квадрата на 180 градусов представлен на рис. 3.

$$\begin{pmatrix} 81 & 80 & 79 & 78 & 77 & 76 & 75 & 74 & 73 \\ 72 & 71 & 70 & 69 & 68 & 67 & 66 & 65 & 64 \\ 63 & 62 & 61 & 60 & 59 & 58 & 57 & 56 & 55 \\ 54 & 53 & 52 & 51 & 50 & 49 & 48 & 47 & 46 \\ 45 & 44 & 43 & 42 & 41 & 40 & 39 & 38 & 37 \\ 36 & 35 & 34 & 33 & 32 & 31 & 30 & 29 & 28 \\ 27 & 26 & 25 & 24 & 23 & 22 & 21 & 20 & 19 \\ 18 & 17 & 16 & 15 & 14 & 13 & 12 & 11 & 10 \\ 9 & 8 & 7 & 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

Рис. 3. Антимagicский квадрат, полученный поворотом на 180 градусов

В теории выделяется еще один тип преобразования – торическое преобразование. Торические преобразования можно представить на плоскости. Такая плоскость получится, если расположить на плоскости бесконечное количество копий одного и того же квадрата.

Такой вид преобразований справедлив для антимагических квадратов. Взяв из плоскости любой квадрат такого же порядка, можно проверить, что суммы этих квадратов будут разными.

Одной из возможностей применения антимагических квадратов может быть построение фильтров для обработки промышленных изображений.

Для выделения некоторых признаков полутонового изображения будем использовать фильтрацию, непосредственно применяемую к пикселям изображения.

Полутоновым называют изображение, пиксели которого могут принимать одно из значений интенсивности какого-либо одного цвета в диапазоне от минимальной до максимальной интенсивности. Фильтрация является одной из технологий модификации или улучшения изображения. Существует разнообразное количество фильтров для усиления некоторых особенностей изображения или, наоборот, уменьшение их влияния. Речь может идти о выделении границ или определенных областей по некоторым признакам.

Наиболее простым видом фильтрации является линейная фильтрация. Она представляет собой вид обработки, при котором значения пикселей обработанного изображения формируются в результате линейных операций над значениями пикселей окрестности исходного изображения (умножения каждого пикселя окрестности на соответствующий коэффициент и суммирование произведений для получения результирующего отклика процесса в каждой точке). Эти коэффициенты сгруппированы в виде матрицы, которая называется маской. Одним из алгоритмов линейной фильтрации является корреляция. Для маски корреляции рассмотрим матрицу, представляющую собой антимагический квадрат.

Рассмотрим поликристаллическую поверхность меди, рассматриваемую в поляризованном свете через оптический микроскоп [2]. Применим к ним операцию корреляции, описанную выше. Результаты обработки представлены на рис. 4.

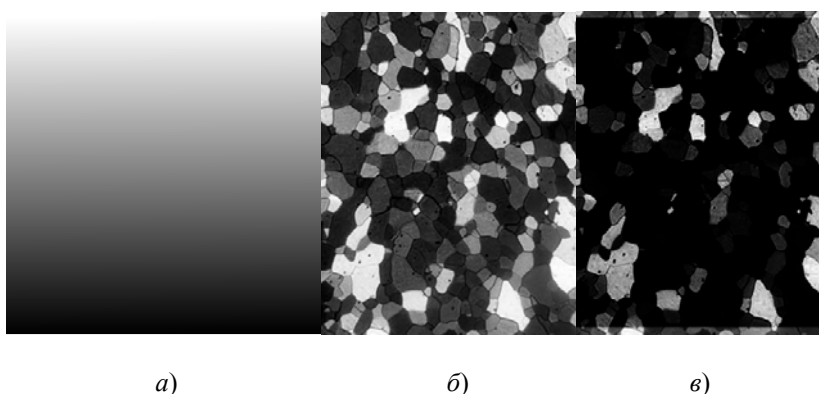


Рис. 4. Антимагический квадрат 380-го порядка. Поликристаллическая поверхность меди, рассматриваемая в поляризованном свете через оптический микроскоп. Изображение, полученное фильтрацией

После применения фильтрации выведены более контрастные области, средние тона слились в более обширные области. Фильтрация позволила сделать акцент на более контрастных областях.

## Литература

1. Стенли, Р. Перечислительная комбинаторика / Р. Стенли. – М. : Мир, 1990. – 440 с.
2. Металловедение физическое. – Режим доступа: <http://dic.academic.ru>.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЭВОЛЮЦИОННОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**А. А. Бурак, А. Е. Гончарук, Ю. Д. Логинова,  
А. В. Марченко, А. А. Шведко, М. С. Кушнерук**

*Учреждение образования «Гродненский государственный  
аграрный университет», Беларусь*

Научный руководитель А. В. Потеха

**Введение**

Научно-техническое прогнозирование является важнейшей частью методологии создания инновационных конструкций технических систем самого разнообразного назначения, в том числе и в пищевой отрасли. Разработаны и широко используются статистические методы прогнозирования, представленные в [1]–[3].

На современном этапе научно-технического прогресса представляется перспективным разработка методик прогнозирования, основанных на современных информационных технологиях. К таким технологиям может быть отнесено эволюционное моделирование (ЭМ), методической основой которого являются генетические алгоритмы [4], [5]. В настоящее время ЭМ используется для решения задач, связанных с выбором оптимального пути, поиска, распределения соединений по слоям при глобальной трассировке многослойных СБИС и оптимизации траектории движения мобильного робота. Насколько нам известно, сегодня отсутствуют исследования, в которых ЭМ использовалось бы для целей прогнозирования развития технических систем. Наиболее вероятной причиной этого является методологическая сложность задачи, подлежащей решению.

**Методика исследований и полученные результаты**

При разработке методики использовали результаты ранее проведенных исследований [6].

В качестве функции приспособленности перспективно использовать  $S$ -образную функцию, предложенную для моделирования технических систем профессором Е. И. Юревичем:

$$K = \left( \frac{L}{a + e^{be^{-bt}}} \right).$$

Коэффициенты  $L$ ,  $a$ ,  $b$  и  $\beta$  – статистически определяемые величины. Графический анализ уравнения показывает, что значения коэффициентов определяют вид отдельных участков  $S$ -образной кривой, описывающей эволюционные изменения показателей развития технических систем.

На всех этапах исследования для решения статистических задач по генерации случайных чисел целесообразно применять программу Random Number Generator.

В самом общем виде этапы ЭМ должны предусматривать следующую последовательность действий: задание целевой функции (приспособленности) для особой популяции; создание начальной популяции; вычисление значения целевой функции

для всех особей; проверку условия завершения работы алгоритма; скрещивание (размножение) и мутацию хромосом; селекцию (формирование нового поколения). Завершается цикл выбором «наилучшей» хромосомы (рис. 1). Под хромосомой понимаем структурный модуль технической системы. В свою очередь, части хромосом представляют элементы (подсистемы) структурного модуля.

Применение генетических операторов предполагает последовательное использование кроссовера и мутации (рис. 2, 3). С учетом построения матрицы в двоичных кодах (рис. 4), кроссовер может быть одно- или многоточечным, а мутация – многоточечной. Это позволяет минимизировать эффект наличия нерабочих зон в исследуемых хромосомах.

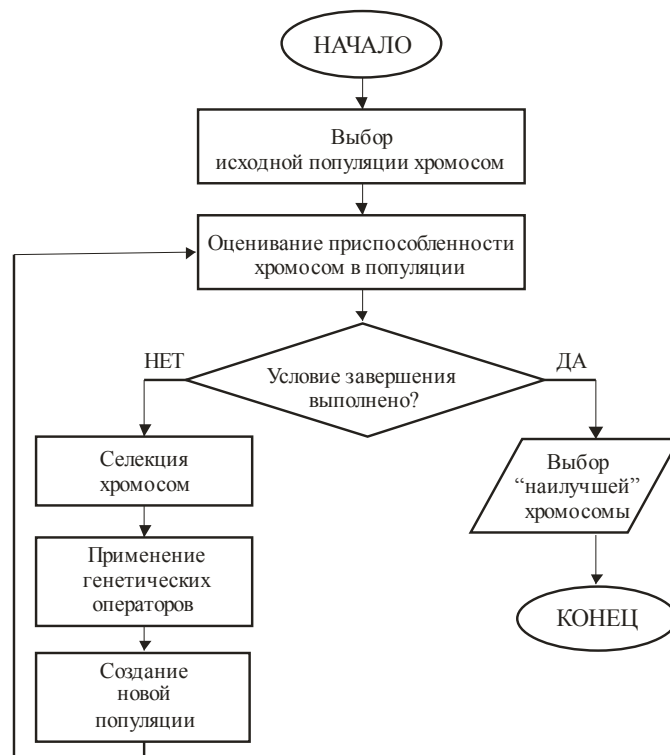


Рис. 1. Блок-схема структуры ЭМ (генетического алгоритма)

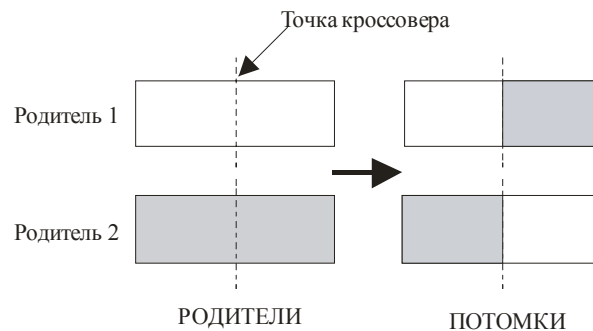


Рис. 2. Пример одноточечного кроссовера

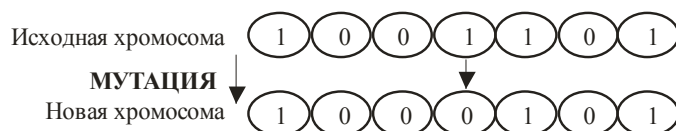


Рис. 3. Схематическое изображение мутации

Исследуемая техническая система может быть изображена матрицей, каждая строка которой представляет собой некоторую хромосому (рис. 4). В качестве такой хромосомы может выступать, например, структурный модуль технологической линии для нарезки или упаковки хлеба.

Уникальные возможности генетического алгоритма позволяют путем соответствующего кодирования хромосом осуществлять эволюционные преобразования не только систем, но и подсистем различного уровня иерархии, вплоть до отдельно взятых элементов исследуемой технической системы.

$q$	$r$	$s$	$t$	← Параметры, элементы
110	000	010	001	←
000	110	001	101	←
111	000	100	111	←
001	011	111	000	←

Хромосомы

Рис. 4. Представление технической системы в параметрах двоичного кода

Практически матрица в двоичных кодах обеспечивает возможность прогнозирования развития не только всей технической системы, но и ее подсистем. Для этого используются значения функции приспособленности и значения фенотипов подсистем по родительской популяции и поколениям потомков.

Следует отметить, что разработанная методика предполагает ранжирование элементов структурного модуля ( $q$ ,  $r$ ,  $s$ ,  $t$ ). Проведенные нами исследования позволяют считать, что для реализации ранжирования могут использоваться исторические данные о развитии физической науки, метод экспертных оценок, удельный информационный показатель, введенный в практику оценки инноваций академиком А. И. Свириденком, а также геометрический метод.

### Заключение

Разработанная методика эволюционного моделирования технических систем позволяет прогнозировать развитие не только технических систем, но и их составных частей (подсистем). При этом имеется возможность прогнозировать развитие каждой подсистемы и численно оценить их вклад в инновационность изучаемой технической системы. В свою очередь, это создает условия для целенаправленного совершенствования технических систем и их элементов.

### Литература

1. Янч, Э. Прогнозирование научно-технического прогресса / Э. Янч. – М. : Прогресс, 1970. – 569 с.

2. Четыркин, Е. М. Статистические методы прогнозирования / Е. М. Четыркин. – М. : Статистика, 1977. – 200 с.
3. Рабочая книга по прогнозированию / Араб-Оглы Э. А. [и др.]. – М. : Мысль, 1982. – 430 с.
4. Haupt, R. L. Practical Genetic Algorithms / R. L. Haupt, S. E. Haupt. – Wiley Interscience, 2004. – 253 p.
5. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский ; пер. с пол. И. Д. Рудинского. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
6. Потеха, А. В. О выборе вида функции приспособленности при эволюционном моделировании технических систем // Роботизированные системы пожаротушения : сб. материалов докл. I Междунар. науч.-практ. конф. / редкол.: В. Л. Потеха [и др.]. – Гродно : ГГАУ, 2014. – С. 112–117.

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБСАДНЫХ КОЛОНН ПРИ БУРЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН

Ю. А. Чикилев

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

Научный руководитель Т. А. Трохова

На данном этапе развития технологии бурения горизонтальных скважин существует большое количество программных средств в области расчета прочностных характеристик обсадных колонн, так как инженерам-проектировщикам необходимо быстро и точно произвести расчет конструктивных характеристик обсадных труб. Конструкторам предоставляется широкий ряд программных комплексов для расчетов как вертикальных, так и горизонтальных скважин.

Уже имеющиеся программные модули позволяют существенно упростить расчет по сравнению с бумажным расчетом. Такие программы реализуют возможность принятия решения по выбору параметров обсадной колонны за проектировщика, так как в них заранее в соответствии с ГОСТ заложены основные проектные характеристики и ошибок в таких программных пакетах на высоком уровне поддержки принятия решений происходить попросту не должно.

Среди существующих систем автоматизированного проектирования конструкции обсадных колонн при бурении горизонтальных скважин можно выделить следующие:

- Программный модуль «Расчет обсадных колонн»;
- Программа *CASINGCK*;
- АСУ Скважина.

Программный модуль «Расчет обсадных колонн» предназначен для определения конструкции обсадной колонны (типоразмер труб по секции и их длины). Полученная конструкция обсадной колонны позволяет предотвращать нештатные и аварийные ситуации, связанные со смятием от наружного избыточного давления, расстройством резьбовых соединений и разрывом колонны от возникающего внутреннего давления. Расчет ведется согласно руководящему документу «Инструкция по расчету обсадных колонн для нефтяных и газовых скважин» (срок введения с 01.07.97 г.). Программа *CASINGCK* разработана главным образом для выполнения верификации обсадных колонн, т. е. для определения возможности колонны выдерживать нагрузки и напряжения, которые она будет испытывать в скважине. При этом может быть учтено большое количество разнообразных факторов и параметров, определяющих напряжения в колонне. Заданные пользователем правила, условия и ограничения, которые надо учиты-

вать при моделировании напряжений, могут быть сохранены в профиле пользователя, что значительно облегчает и упрощает выполнение принятых в компании пользователя методик проектирования обсадных колонн.

АСУ Скважина предназначена для управления качеством строительства и ремонта скважин в нефтяной и газовой промышленности. Прикладное программное обеспечение АСУ обеспечивает автоматизированное решение следующих задач:

- а) оперативный контроль процесса бурения, включая:
  - передачу реально-временных данных;
  - определение осложнений и предаварийных ситуаций в процессе бурения;
  - контроль соблюдения и нарушения РТК;
- б) ведение нормативно-справочной информации и базы данных бурового предприятия;
- в) ведение и обработка рапортов бурового мастера;
- г) формирование оперативной и статистической отчетности по предприятию;
- д) контроль и управление траекторией наклонно-направленной и горизонтальной скважины с возможностью отображения различных траекторий ствола скважины и необходимой информации в 2D и 3D виде;
- е) гидродинамические расчеты;
- ж) крепление скважин;
- з) определение потенциальной и фактической продуктивности скважин и разработка рекомендаций по дальнейшему использованию скважины.

На основании изученных данных разработана функциональная модель системы автоматизированного проектирования, включающая три подсистемы:

- подсистема «Расчет избыточных внутренних давлений»;
- подсистема «Расчет избыточных наружных давлений»;
- подсистема «Расчет конструкции обсадной колонны»;

Подсистемы «Расчет избыточных внутренних давлений» и «Расчет избыточных наружных давлений» реализуют расчет этих самых избыточных давлений, оказываемых на скважины в процессе ее эксплуатации. Расчетные данные используются в дальнейшем при выборе конструктивных характеристик обсадной колонны.

Подсистема «Расчет конструкции обсадной колонны» ведет автоматизированный расчет конструктивных характеристик обсадных колонн, таких как вес секции, длина секции, тип резьбового соединения, группа прочности труб и толщины стенок этих самых труб. В ходе расчета может быть предложено несколько вариантов формирования обсадной колонны. Так, обсадная колонна может состоять как из одной цельной секции с одним набором всех характеристик, так и с несколькими количествами секций различной длины, группы прочности и т. д.

Информационное обеспечение системы включает в себя справочные и оперативные таблицы баз данных (БД), состав которых приведен ниже.

Справочники объединяют в себе следующие таблицы:

- толщины стенок труб;
- типы резьбовых соединений;
- группы прочности;
- скважины;
- площади;
- наружные диаметры труб;
- коэффициенты запаса прочности;
- коэффициенты снижения групп прочности;
- вес одного метра колонны;
- величины дополнительных изгибающих нагрузок;



– виды исполнения.

Оперативные таблицы объединяют в себе следующие таблицы:

- информация о внутренних давлениях;
- информация о наружных давлениях;
- конструкционные характеристики скважин.

Таблица БД «Конструкционные характеристики скважин» предназначена для хранения информации, получаемой в процессе расчета. В ней хранятся следующие значения: номер секции, группа прочности, вес секции, длина секции, тип резьбового соединения, толщина стенки трубы.

Таблица БД «Информация о внутренних давлениях» имеет одинаковую структуру с таблицей БД «Информация о внешних давлениях» и состоит из следующего набора полей: код, условный наружный диаметр, толщина стенки трубы, группа прочности, минимальное давление, максимальное давление, тип соединения, наименование скважины. Данные в эти таблицы записываются в ходе расчета.

Программное обеспечение состоит из одного приложения. Приложение представлено в виде программы, которая реализует как ведение нормативно-справочной информации, так и непосредственно расчетный блок. В расчетном блоке представлена возможность вычисления избыточных давлений, построение соответствующих эпюр в виде графиков и также расчет конструкционных характеристик обсадных труб.

На рис. 1 приведен интерфейс расчетного блока приложения.

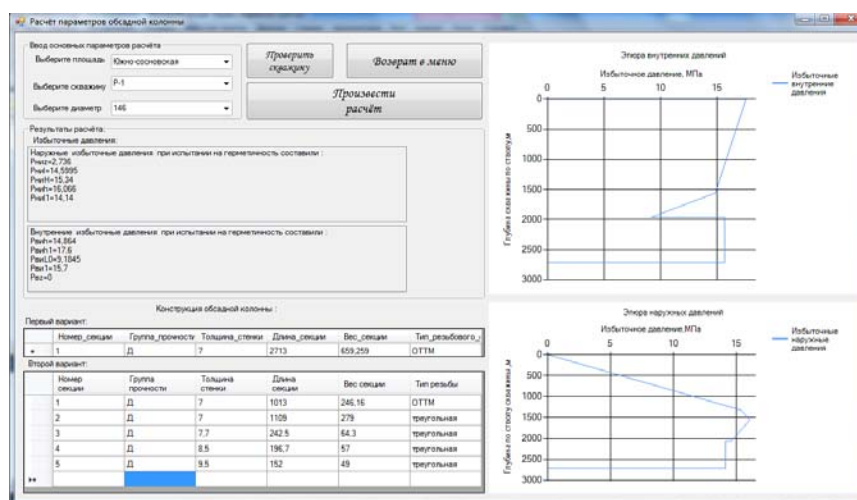


Рис. 1. Интерфейс расчетного блока

Созданный программный продукт служит помощью в системе поддержки принятия решений в области расчета конструкции обсадных колонн при бурении горизонтальных нефтяных скважин. Данный проект позволяет рассчитывать конструктивные характеристики обсадных труб с различными диаметрами, группами сложностей, типами резьбы, несколькими числом секций.

Следует отметить то, что рассчитанные обсадные колонны будут соответствовать всем параметрам качества, которые определены потребителем, в нашем случае заданием. Также данное приложение предоставляет возможность пользователю редактирования параметров оптимизации и исходных данных. Приложение предназначено для внедрения в проектных организациях, ориентированных на разработку проектов строительства нефтяных скважин.

## МЕТОДИКА СЖАТИЯ ЦИФРОВОГО ВИДЕО ДЛЯ СИСТЕМ IP-ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

В. Н. Логунов

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

Научный руководитель И. А. Мурашко

С широким распространением таких технологий, как цифровое телевидение, потоковое видео через Интернет и т. д. обработка видеоданных с целью сокращения объема информации стала существенным компонентом не только широкоэвещательного и развлекательного медиа, но и в сфере охранного видеонаблюдения. В настоящее время неуклонно растет популярность такого метода охраны, как *IP*-видеонаблюдение, представляющее собой систему на базе локальных вычислительных сетей. Ключевым элементом в такой схеме построения выступает *IP*-видеокамера (рис. 1).



Рис. 1. Структура *IP*-видеонаблюдения

В области охранного видеонаблюдения прошли апробацию многие технологии сжатия (например, *JPEG*, *Wavelet*, *MPEG-2*). Все они не смогли прочно закрепиться в этой области. Проблема в ограниченности использования перечисленных алгоритмов стала с тех пор, как передача данных по *LAN/Internet*-сетям явилась необходимым условием для работы систем видеонаблюдения.

В цифровых системах видеосигнал преобразуется в последовательность бит, которая сжимается за счет небольшой потери в спектре сигнала и далее за счет удаления статистической пространственной и временной избыточности информации. Известно, что органы зрения человека менее чувствительны к цвету предметов, чем к их яркости (светимости). В цветовом пространстве *RGB* все три цвета сохраняются с одинаковым разрешением. Однако можно отобразить цветное изображение более эффективно.

Цветовое пространство *YCbCr* является популярным методом эффективного представления цветных изображений. Буква *Y* обозначает компоненту светимости, которая вычисляется по следующей формуле:

$$Y = k_r R + k_g G + k_b B,$$

где  $k$  – весовой множитель. Цветовая информация может быть представлена компонентами цветовых разностей с помощью:

$$Cb = B - Y,$$

$$Cr = R - Y,$$

$$Cg = G - Y.$$

Преимущество пространства  $YCbCr$  по сравнению с  $RGB$  заключается в том, что компоненты  $Cb$  и  $Cr$  можно представить с меньшим разрешением, чем  $Y$ . Это позволяет сократить объем информации.

Применительно к системам видеонаблюдения часто оказывается, что на контролируемой зоне периодически или длительное время отсутствует движение в кадре. В этом случае нам не обязательно передавать все изображение целиком. На практике широко используется метод компенсации движения, который компенсирует перемещение прямоугольных областей текущего кадра. Макроблок, соответствующий области из  $16 \times 16$  пикселей на кадре, является базисной единицей для прогноза с компенсацией движения. Для видеоматериала в формате  $4 : 2 : 0$  структура макроблока показана на рис. 2. Область из  $16 \times 16$  пикселей исходного кадра состоит из 256 сэмплов яркости, 64 голубых хроматических компонент (блок  $Cb$ - $8 \times 8$ ) и 64 красных хроматических компонент (блок  $Cr$ - $8 \times 8$ ). Каждая компонента  $Cb$  и  $Cr$  имеет по вертикали и по горизонтали половину разрешения по сравнению с  $Y$ . Из-за этого пространство  $4 : 2 : 0$  требует в два раза меньше сэмплов по сравнению с форматом видео  $4 : 4 : 4$  (или  $R : G : B$ ).

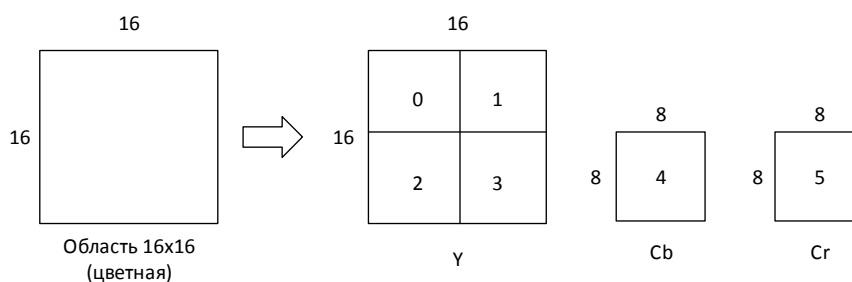


Рис. 2. Макроблок ( $4 : 2 : 0$ )

Оценка движения макроблока состоит из поиска области пикселей на ссылочном кадре, который похож на текущий макроблок. Выбранный наилучший макроблок на ссылочном кадре вычитается из текущего блока, и их разность, называемая остаточным макроблоком, передается вместе с вектором движения, задающим позицию наилучшего макроблока по отношению к текущему макроблоку. Для уменьшения остаточной информации макроблока можно варьировать его размер [1].

Эффективный компромисс заключается в приспособлении размеров блоков к характеристикам изображений, т. е. можно выбирать большие размеры блоков для ровных однородных областей кадра, а для областей со многими деталями и со сложным движением следует уменьшать размер блоков.

Был проведен следующий эксперимент, в котором принимали участие две видеопоследовательности с камер наружного видеонаблюдения. В первом видео на протяжении всей записи наблюдается минимальное движение. Во втором случае на видео оживленная улица с движущимися пешеходами и автомобилями.

Были получены следующие результаты. Различия в качестве сжатых видеопоследовательностей с разными параметрами отражает рис. 3. Сравнение качества видео производилось в программе *MSU Video Quality Measurement Tool 3.0*.

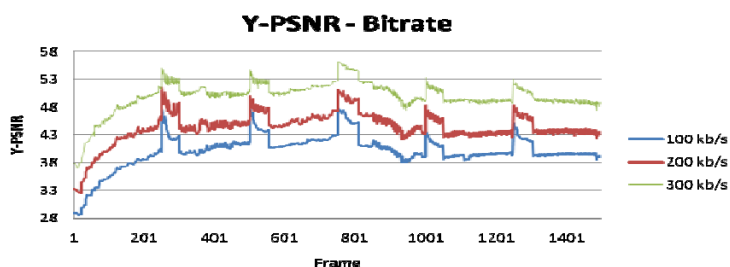


Рис. 3. Зависимость качества от степени сжатия для первой видеозаписи

Исходное видео имеет качество  $400\text{ kb/s}$ . При сжатии каждой видеозаписи, уменьшая качество, получили следующие результаты. В первой последовательности имеем больший процент сжатия именно из-за малого движения в кадре. То есть кадры не кодируются целиком, а лишь некоторая их часть. При качестве  $200\text{ kb/s}$  для первого видео имеем 50%-й выигрыш от сжатия и 75%-й, если использовать качество  $100\text{ kb/s}$ . Для второго 23 и 43 %, соответственно, так как в нем присутствует множество движущихся областей.

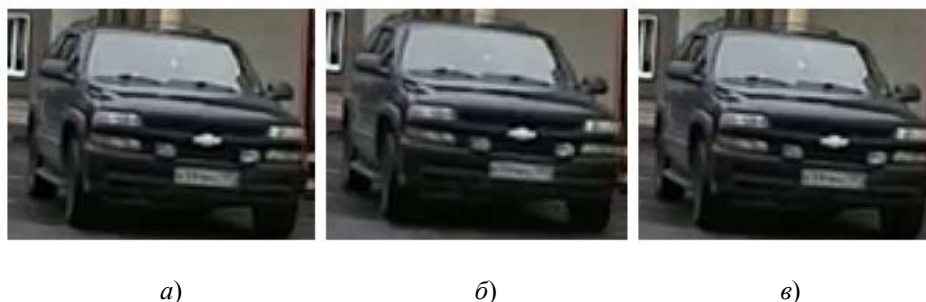


Рис. 4. Кадры из первой видеозаписи

На рис. 3 хорошо видна динамика зависимости качества сжатого видео от его степени сжатия. Можно сделать вывод, что максимально сжатое видео сильно проигрывает в качестве изображения. Но если обратиться к рис. 4 (4, а – качество  $400\text{ kb/s}$ ; 4, б –  $100\text{ kb/s}$ ; 4, в –  $300\text{ kb/s}$ ), мы можем убедиться, что большинство зрителей не заметят большого различия в качестве кадров.

Применение методики при оптимальных параметрах и отсутствии движения в кадре позволит добиться большой степени сжатия, что может дать выигрыш в нагрузке каналов для передачи данных и уменьшении объема хранимых данных.

#### Литература

1. Лукьяница, А. А. Цифровая обработка видеоизображений / А. А. Лукьяница, А. Г. Шишкин. – М. : Ай-Эс-Эс Пресс, 2009. – 518 с.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ ПО ЛОГИСТИКЕ КОЛЬЦЕВОГО ЗАВОЗА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН**

**В. В. Зарецкий**

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

Научный руководитель Т. А. Трохова

Кольцевой маршрут соединяет в определенной последовательности несколько грузовых пунктов. Начало и конец маршрута совпадают. Применяются кольцевые маршруты при развозе грузов со склада в несколько пунктов выгрузки (развозочные) или сборе грузов с нескольких грузовых пунктов с доставкой их в один пункт (сборочные). Часто применяются развозочно-сборочные маршруты, когда на каждом грузовом пункте может производиться как погрузка, так и разгрузка.

Нестационарная часть грузопотоков на ряде предприятий имеет большие объемы, особенно на заводах малосерийной и несерийной продукции.

Многовариантность возможных схем обращения маршрутов требует автоматизации выбора рационального варианта плана. Это позволит повысить надежность транспортных связей и добиться эффективного взаимодействия между участниками перевозочного процесса.

Применение математического аппарата значительно увеличивает множество возможных решений, из которых выбирается рациональное. На практике диспетчер использует, как правило, интуитивные схемы обращения кольцевых маршрутов. При этом количество транспорта неоправданно велико и может быть снижено за счет эффективного управления, основанного на применении математических моделей.

Таким образом, назревает необходимость разработать современную методическую основу для автоматизированного управления обращением кольцевых маршрутов. Это позволит принимать обоснованные решения в вопросах транспортного обслуживания поставщиков и потребителей, а также обеспечивать доставку груза с минимумом затрат.

В данном проекте решена задача составления оптимального кольцевого маршрута для развоза оборудования для строительства скважин.

Для разработки программного комплекса автоматизации проектирования при принятии решений по логистике кольцевого завоза оборудования для строительства скважин было проведено предпроектное исследование и анализ предметной области.

На основании изученных данных разработана функциональная модель, включающая в себя три подсистемы:

- обработка заявок;
- планирование рейса и схемы погрузки;
- расчет затрат.

Подсистема «Обработка заявок» реализует подбор автомобиля для перевозки оборудования и составления документации.

Подсистема «Планирование рейса и схемы погрузки» осуществляет определение оптимального маршрута и схемы погрузки оборудования.

Подсистема «Расчет затрат» реализует экономическую часть автоматизации, т. е. на данном этапе производится расчет всех затрат.

Информационное обеспечение системы включает в себя справочные и оперативные таблицы баз данных (БД), состав которых приведен ниже.

Справочники объединяют в себе следующие таблицы:

- автомобиль;
- работник;
- должность;
- склад;
- оборудование.

Оперативные таблицы объединяют в себя следующие таблицы:

- заявка;
- расстояние;
- станция;
- погрузка;
- маршрут.

Основными компонентами приложения являются:

- интерфейсный блок;
- расчетный блок;
- блок ведения нормативно-справочной информации.

Интерфейсный блок определяет удобный и понятный для пользователя интерфейс, который позволяет решать все поставленные задачи для разработанного приложения.

Расчетный блок функционирует в двух основных режимах: режим работы с исходными данными (заявками на оборудования) и расчетный режим. Автоматизированный расчет ведется на основании алгоритма Литтла для решения задачи о коммивояжере.

Блок ведения нормативно-справочной информации позволяет просматривать, добавлять и редактировать данные в справочниках, которые используются в разработанном приложении.

После успешной авторизации будет открыта форма, которая представлена на рис. 1.

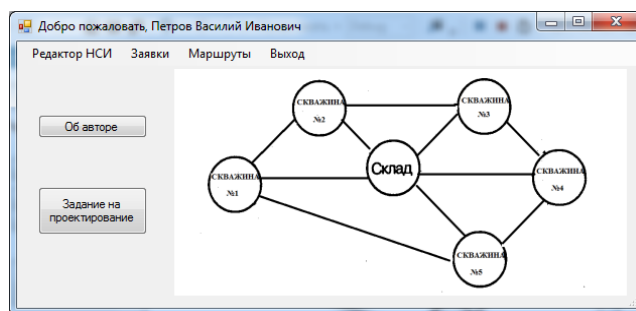


Рис. 1. Форма после авторизации

При выборе пункта меню «Заявки» будет открыто окно, представленное на рис. 2. При желании можно отобразить все заявки на определенную дату.

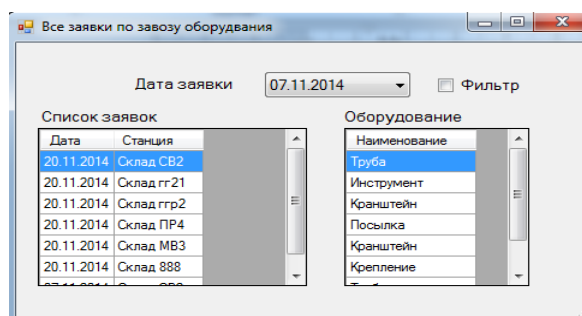


Рис. 2. Вид окна с заявками

При выборе пункта меню «Маршруты» открывается окно, представленное на рис. 3.

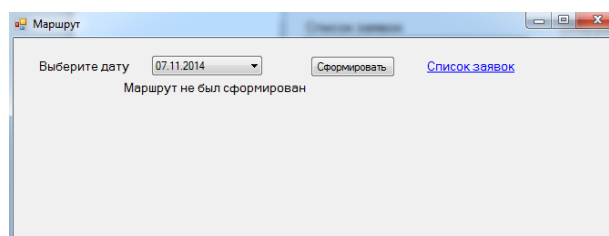


Рис. 3. Вид окна «Маршруты»

После выбора необходимой даты и нажатия кнопки «Сформировать» в окне «Маршрут» слева будет отображен маршрут на заданную дату, а справа будет показан порядок загрузки автомобиля. Для доказательства оптимальности составленного маршрута внизу окна представлено сравнение с распространенным алгоритмом расчета маршрута. Вид окна со сформированным маршрутом показан на рис. 4.

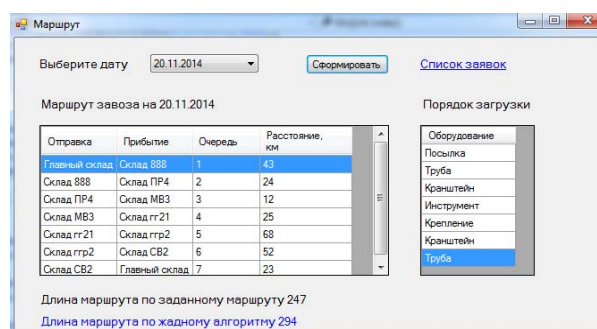


Рис. 4. Вид окна со сформированным маршрутом

Приложение реализует следующие функции:

- ввод данных в справочники нормативной информации;
- редактирование нормативно-справочной информации;
- ввод заявок на оборудование;
- определение оптимального маршрута кругового завоза оборудования для строительства нефтяных скважин;
- определение дополнительного маршрута для сравнения его с оптимальным.

Приложение позволяет выбрать пользователю наиболее оптимальный маршрут для перевозки оборудования, что приводит к значительным сокращениям расходов на топливо и увеличивает долговечность транспортных средств.

В целом разработанное приложение имеет понятный и удобный интерфейс, который позволит пользователю с легкостью выполнять все поставленные перед ним задачи, не требуя от него больших затрат времени и ресурсов.

## ОПТИМАЛЬНАЯ ДЕКОМПОЗИЦИЯ AND/OR ЭЛЕМЕНТОВ

Пиюш Барскар

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

Научный руководитель И. А. Мурашко

### Введение

В настоящее время ведутся разработки в области технологий производства полупроводниковых интегральных схем, в том числе перехода к наноэлектронным технологиям, возникают задачи логического синтеза вычислительных устройств, реализованных на основе данных технологий. Одной из таких задач является разработка методов проектирования цифровых устройств с низким энергопотреблением. Актуальность данной задачи:

- наличие множества устройств, используемых в повседневной жизни, которые должны сочетать высокое быстродействие с низким потреблением энергии;
- необходимость в снижении уровня потребления энергии с целью достижения определенной продолжительности автономной работы;
- необходимость в снижении потребляемой мощности для решения проблемы отвода тепла, так это влияет на габаритные показатели устройств;
- необходимость в снижении потребляемой мощности в режиме самотестирования, в котором наблюдается пик энергопотребления.

Реализация произвольной логической функции на элементах AND/OR (И/ИЛИ) часто является более эффективной с точки зрения аппаратных затрат (площади кристалла, требуемой для реализации логической функции) и потребления энергии. Особенно актуальна в настоящее время задача декомпозиции многовходовых логических элементов AND/OR схемой, состоящей из логических элементов фиксированной разрядности, которые имеются в технологической библиотеке, с минимальным энергопотреблением.

В данной работе рассмотрен случай, когда смена логических состояний на входах многовходового логического элемента происходит в различные, несовпадающие моменты времени. Это позволяет получить максимально возможную оценку переключательной активности и, соответственно, максимальную потребляемую мощность. В результате в реальной схеме данная оценка никогда не будет превышена. Для этого случая в работе предложена методика декомпозиции многовходовых логических элементов AND/OR с минимальным энергопотреблением. В отличие от других работ, декомпозиция может проводиться на двух-, трех-, ...,  $n$ -входовых элементах. Получены оценки минимальной и максимальной переключательной активности. Показаны примеры минимальной с точки зрения энергопотребления реализации многовходового логического элемента AND.

Энергопотребление цифровых КМОП схем вызвано следующими основными источниками: токами утечки, обратными токами  $p$ -переходов, сквозными токами



при переключении элемента, токами заряда и токами разряда паразитной емкости. Основной вклад в энергозатраты (90–99 %) вносят два последних фактора.

В настоящее время для оценки энергопотребления часто используют удельную переключательную активность (*Weighted Switching Activity – WSA*) узла схемы, которая определяет среднее число переключений логического уровня в единицу времени (или в течение одного такта синхронизации). *WSA* узла может быть найдена на основании сигнальной вероятности  $p$  следующим образом:

$$WSA = 2p(1 - p). \quad (1)$$

Соответственно, стоит задача найти сигнальную вероятность всех узлов схемы.

Известно, что для  $n$ -входового элемента  $I$  сигнальная вероятность выхода  $P_{out}$  связана с сигнальными вероятностями входов  $p_{\psi}$  ( $\psi = \overline{1, n}$ ) следующим соотношением:

$$P_{out} = \prod_{\psi=1}^n p_{\psi}. \quad (2)$$

В дальнейшем будем использовать данную формулу для расчета сигнальной вероятности на выходе элемента  $I$ . При этом, чтобы исключить эффект взаимного поглощения сигналов (одновременная смена состояний на входе приводит к тому, что состояние выхода не изменяется, в то же время внутри схемы могут происходить множественные переключения, которые приводят к затратам энергии), будем считать, что все переключения на входах происходят в несовпадающие моменты времени.

Технологическую декомпозицию рассмотрим на примере четырехвходового элемента *AND*. В общем случае при возрастании числа входов количество вариантов схем декомпозиции быстро возрастает. Для данного примера существует два варианта декомпозиции (рис. 1).

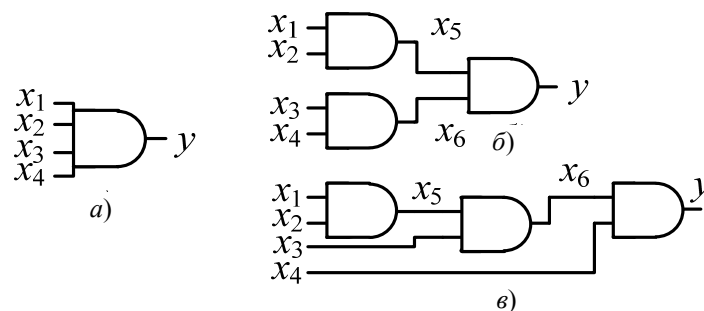


Рис. 1. Варианты декомпозиции четырехвходового элемента *AND*

Найдем удельную переключательную активность данного элемента до декомпозиции (рис. 1, *a*), которую обозначим как  $WSA_{\#1}$ , и после декомпозиции рис. 1, *б*, *в*), которые обозначим  $WSA_{\#2}$ ,  $WSA_{\#3}$ , соответственно.  $WSA_{\#1}$  определяется только переключательной активностью выхода элемента, поэтому  $WSA_{\#1} = WSA_y$  (переключательная активность входов учитывается при расчете переключательной активности предыдущего каскада). Удельная переключательная активность схем (рис. 1, *б*) находится как сумма переключательной активности выхода и переключательных активностей внутренних узлов, то есть

$$WSA_{\#2} = WSA_y + WSA_5 + WSA_6. \quad (3)$$

Аналогичный результат получим и для схемы на рис. 1, в.

Рассмотрим расчет удельной переключательной активности более подробно. Любое переключение с входа элемента *AND* попадут на его выход при наличии разрешающих сигналов на остальных его входах. Другими словами, для схемы на рис. 1, а можно записать:

$$WSA_n = \prod_{\psi=1}^n p_{i+(\psi-1)}^{T_{j+(\psi-1)}}, \quad (4)$$

$$WSA_{\#1} = WSA_y = \prod_{\psi=1}^4 p_{i+(\psi-1)}^{T_{j+(\psi-1)}},$$

$$WSA_{\#1} = WSA_y = p_2 p_3 p_4 WSA_1 + p_1 p_3 p_4 WSA_2 + p_1 p_2 p_4 WSA_3 + p_1 p_2 p_3 WSA_4. \quad (5)$$

По аналогии, для схемы на рис. 1, б:

$$WSA_{\#2} = WSA_5 + WSA_6 + WSA_y. \quad (6)$$

Учитывая, что:  $p_5 = p_1 p_2$ ,  $p_6 = p_3 p_4$ ,  $WSA_5 = p_1 WSA_2 + p_2 WSA_1$ ,  $WSA_6 = p_3 WSA_4 + p_4 WSA_3$ ,  $WSA_y = p_5 WSA_6 + p_6 WSA_5$ , получим:

$$\begin{aligned} WSA_{\#2} &= (p_2 + p_2 p_3 p_4) WSA_1 + (p_1 + p_1 p_3 p_4) WSA_2 + \\ &+ (p_4 + p_1 p_2 p_4) WSA_3 + (p_3 + p_1 p_2 p_3) WSA_4. \end{aligned} \quad (7)$$

По аналогии, для схемы на рис. 1, в:  $WSA_{\#3} = WSA_5 + WSA_6 + WSA_y$ .

Учитывая, что  $p_5 = p_1 p_2$ ,  $p_6 = p_1 p_2 p_3$ ,  $WSA_5 = p_1 WSA_2 + p_2 WSA_1$ ,  $WSA_6 = p_3 WSA_5 + p_1 p_2 WSA_3$ ,  $WSA_y = p_4 WSA_6 + p_6 WSA_4$ , получим:

$$\begin{aligned} WSA_{\#3} &= (p_2 + p_2 p_3 + p_2 p_3 p_4) WSA_1 + (p_1 + p_1 p_3 + p_1 p_3 p_4) WSA_2 + \\ &+ (p_1 p_2 + p_1 p_2 p_4) WSA_3 + p_1 p_2 p_3 WSA_4. \end{aligned} \quad (8)$$

Пусть на входы элемента поступает сигнал с одинаковой сигнальной вероятностью  $p$ , т. е.  $p_1 = p_2 = p_3 = p_4 = p$ . Соответственно,  $WSA_1 = WSA_2 = WSA_3 = WSA_4 = WSA$ , где  $WSA$  находится из (1). Подставляя эти значения в (5), (7), (8), получим:

$$WSA_{\#1} = 6p^4(1-p); \quad (9)$$

$$WSA_{\#2} = 8p^2(1-p+p^2-p^3); \quad (10)$$

$$WSA_{\#3} = 2p^2(2+p+p^2-4p^3). \quad (11)$$

Для сравнения эффективности рассмотренных реализаций четырехвходового элемента *AND* построим график, который показывает зависимость удельной переключательной активности от входной сигнальной вероятности (рис. 2).

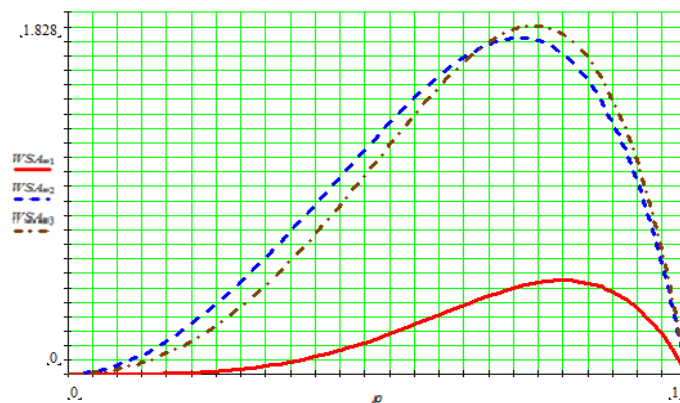


Рис. 2. Сравнение всех типов переключения активности

Анализ графика показывает, что при  $p < 0,65$  лучшим вариантом декомпозиции является схема на рис. 1, в. Для остальных значений сигнальной вероятности лучшим вариантом является схема на рис. 1, б.

#### Заключение

В данной работе проведен анализ энергопотребления многовходового элемента *AND* при различных вариантах декомпозиции. Показано, что эффективность реализации зависит от сигнальной вероятности. Поэтому для эффективной декомпозиции необходимо иметь априорную информацию о том, какие сигналы будут присутствовать на входах схемы.

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ДИАГНОСТИКИ УЗЛОВ КОРМОУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ

А. С. Уткин, А. Д. Макаренко

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

Научный руководитель Т. Л. Романькова

В составе бортовой электроники современного комбайна и другой кормоуборочной техники имеется большое количество исполнительных и управляющих устройств, к которым относятся всевозможные датчики, контроллеры и т. д. Для обмена информацией между ними в середине 80-х гг. компанией BOSCH была предложена новая концепция сетевого интерфейса CAN (Controller Area Network). CAN-шина обеспечивает подключение любых устройств, которые могут одновременно принимать и передавать цифровую информацию. По такой шине обеспечивается достаточно высокая скорость передачи данных. При этом обеспечивается хороший уровень помехозащищенности и соответственно высокая надежность передаваемых данных.

На рис. 1 показан пример CAN сети, где Модуль 1 – Модуль  $k$  – это модули комбайна (трансмиссия, бортиформатор, терминал и др.), к которым подключаются различные датчики  $d1 - dn$ .

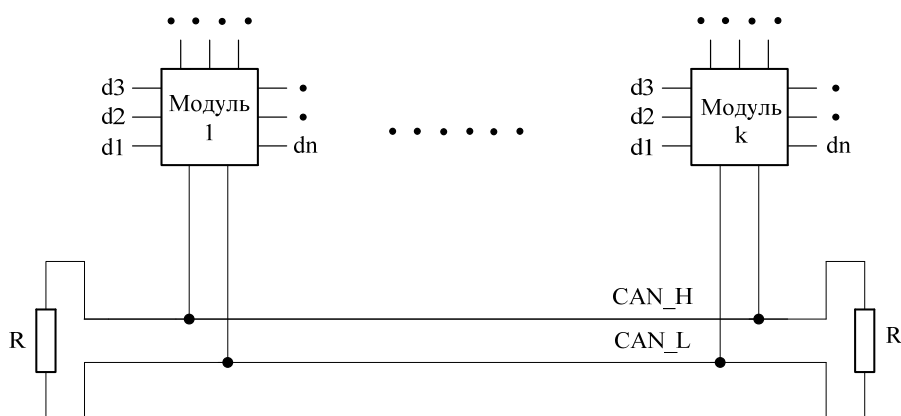


Рис. 1. Пример CAN сети комбайна

В настоящее время для полной диагностики работы модулей комбайна необходимо подключиться к CAN-шине с помощью устройства rcan-usb, предварительно установив на ПК программное обеспечение (далее – ПО) rcan-view. В результате появляется возможность видеть все сообщения, которые есть в CAN сети. Сообщения (8 байт полезных данных) отображаются в hex-формате.

При этом на каждый комбайн и отдельно для каждого модуля существует протокол обмена комбайна (далее – ПОК). В ПОК описывается, что означают отдельные биты, представляющие состояния цифровых датчиков, или байты (состояния аналоговых датчиков). Сложность применяемого в настоящее время подхода заключается в том, что для диагностики нужно иметь ПОК и вручную переводить из шестнадцатеричного формата в двоичный (чтобы узнать состояния цифровых датчиков) или в десятичный (чтобы узнать состояния аналоговых датчиков), при этом постоянно сверяясь с протоколом. Это является достаточно трудоемкой задачей, которая занимает много времени и нуждается в автоматизации. Еще одним минусом является высокая цена устройства rcan-usb, а также существующего программного обеспечения для диагностики.

Исходя из этого, возникла необходимость разработки собственного устройства и написания для него соответствующего программного обеспечения. Разрабатываемая программно-аппаратная система обеспечивает взаимодействие интерфейсов: CAN – SPI – USB.

Разработка осуществляется в несколько этапов:

- разработка схемы электрической – принципиальной;
- разводка схемы и пайка компонентов;
- написание ПО для работы микроконтроллера (далее – МК);
- разработка базы данных;
- написание ПО, осуществляющего ввод ПОК в базу данных, и при необходимости дальнейшее ее редактирование;
- написание программы, обеспечивающей связь с разработанным устройством, и выводящую пользователю информацию в доступном виде.

Микроконтроллер должен обеспечивать взаимодействие интерфейсов: CAN – USB. Предполагается, что в дальнейшем прошивка МК может меняться, в зависимости от требований заказчика, а для программирования МК необходимо дополнительное устройство, поэтому необходимо использовать программирование МК посредством «бутлоадера», т. е. дополнительное устройство будет ненужно.

Пользователю предлагается возможность работы в разных режимах: в стандартном режиме приема-передачи, как показано на рис. 2 (аналог pcан-usb), где он видит все полученные данные в hex, но с конвертированием в нужные системы счисления, или в режиме сканирования с подключением базы данных (рис. 3) – при этом режиме пользователь выбирает модель комбайна и подгружает ПОК из базы данных. Таким образом, все полученные сообщения «сверяются» с базой данных и выводятся пользователю в доступном виде, т. е. пользователю предоставляется графический интерфейс с отображением состояния всех датчиков, а не 8 байт данных в шестнадцатеричном формате. Также для диагностики специфических датчиков имеется возможность протестировать их либо посредством прямого получения данных из CAN сети, либо используя аналого-цифровое преобразование сигнала, и построить по полученным данным графики сигнала в реальный момент времени.

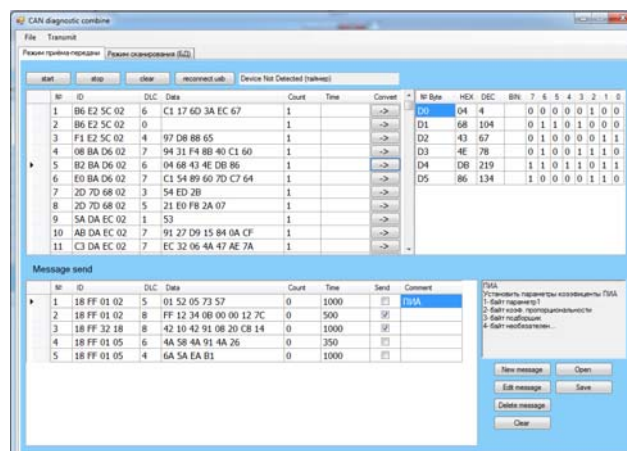


Рис. 2. Окно программы в режиме приема-передачи

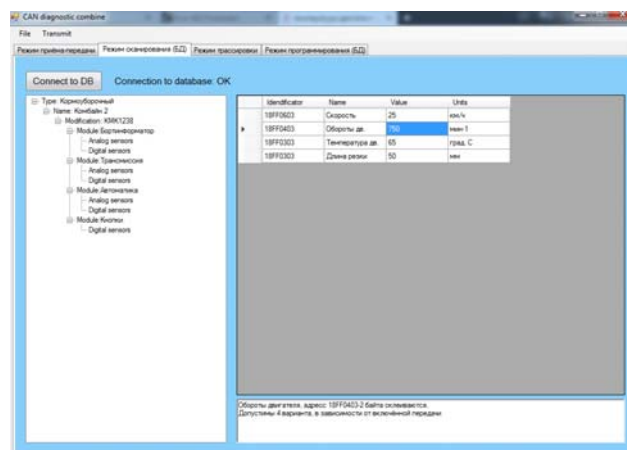


Рис. 3. Окно программы в режиме сканирования

На рис. 4 представлено окно приложения для работы с базой данных, в частности, для редактирования модулей комбайнов.

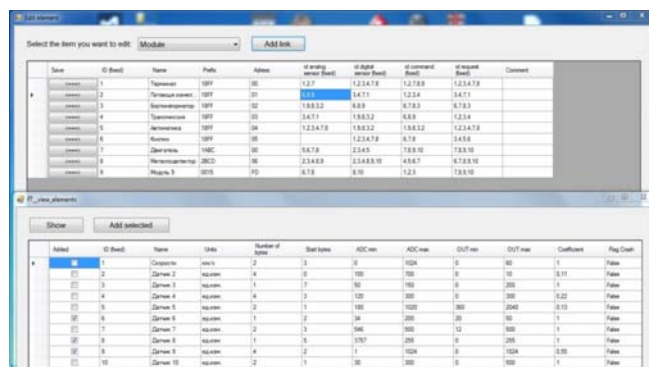


Рис. 4. Окно программы редактирования базы данных

Создаваемая программно-аппаратная система помимо выполнения всех функций-аналогов существующей системы расширяет функционал за счет добавления работы с базой данных. При этом работа с ПОК ведется только однажды при внесении в базу данных. Таким образом, описанная система позволяет ускорить процесс диагностики узлов кормоуборочной техники, уменьшить вероятность ошибки, существенно снизить стоимость. В связи с тем, что данная система является универсальной и может быть использована на любых машиностроительных предприятиях, возможно дальнейшее внедрение данного продукта.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ СИНТЕЗА СТРУКТУРЫ КОЛОНН НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ

**В. В. Воскресенский**

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

Научный руководитель Т. А. Трохова

Эксплуатационная скважина является основным важнейшим 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.

Для автоматизации синтеза структуры колонн насосно-компрессорных труб 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 пакеров, расчет оборудования для освоения скважин, выбор фонтанной арматуры, а также расчет фланцевых соединений и запорных устройств для фонтанной арматуры.

Авторами выделены два направления автоматизации. Первое направление – это автоматизация расчетов системы насосно-компрессорных труб на прочность, и расчет параметров оборудования, необходимого для эксплуатации нефтяной скважины, а именно параметры пакеров и параметры фонтанной арматуры, а также параметры

вспомогательного оборудования для арматуры. Второе направление – моделирование элементов эксплуатационной скважины: насосно-компрессорные трубы, пакеры и прочее оборудование для освоения скважин.

После тщательного изучения процесса эксплуатации подземного оборудования и анализа предметной области были разработаны требования к информационной и функциональной моделям данных. Например, для разработки системы насосно-компрессорных труб необходима база знаний, в которой содержатся базовые сведения об этих системах, их параметры и характеристики.

Информационная система на данный момент практически готова и находится на стадии доработки. Продуманы функциональная и информационная модели данных. Также реализованы алгоритмы расчетов системы насосно-компрессорных труб на прочность. Реализованы алгоритмы расчета параметров пакеров.

Расчеты, которые производит приложение, являются независимыми друг от друга, но результаты этих расчетов могут взаимодействовать между собой, например, для создания полного отчета о параметрах рассматриваемой нефтяной скважины.

Приложение представляет из себя калькулятор, производящий вышеописанные расчеты.

Ниже представлены копии экранов некоторых элементов разрабатываемого приложения. На рис. 1 представлена форма ввода исходных данных, таких как глубина скважины, внутренний диаметр обсадной колонны, интенсивность искривления ствола скважины и прочие, для проведения расчета на прочность.

Глубина скважины, м	3000
Внутренний диаметр обсадной колонны, мм	132
Интенсивность искривления ствола скважины, мм	450,2000 - 2/10
Давление на забое, Па	24500000
Давление на устье (буфере), Па	30000000
Давление пластовое, Па	28000000
Предполагаемый отбор жидкости, м <sup>3</sup> /сут.	70
Давление на устье при освоении, Па	10000000
Плотность газожидкостной смеси в скважине, кг/м <sup>3</sup>	1000
Плотность жидкости, закачиваемой в скважину, кг/м <sup>3</sup>	830
Длина колонны НКТ, м	2950
	<input type="button" value="Рассчитать"/>

Рис. 1. Исходные данные для расчета на прочность

На рис. 2 представлена таблица с результатами расчета на прочность, а именно секции насосно-компрессорных труб и их параметры, такие как длина и вес секции, наименование труб, которые будут использованы в секции, а также коэффициенты запаса прочности.

Номер секции	Наименование секции	Длина секции	Вес секции	Первый коэффициент	Второй коэффициент
1	73x5.5-Д ГОСТ	2202	208 (21.2)	1.36	1.54
2	В-73x5.5-К ГОСТ	748	72 (7.4)	1.54	1.57

Рис. 2. Результаты расчета на прочность

На рис. 3 представлена форма для ввода исходных данных, таких как перепад давления на пакере, модуль сдвига резины, радиусы резины и прочие, для проведения расчета параметров пакеров.

Перепад давления на пакере, МПа	25
Внешний диаметр трубы, мм	148
Внутренний диаметр трубы, мм	8
Модуль сдвига резины, МПа	6
Наружный радиус резины после деформации, мм	65
Внутренний радиус резины, МПа	30
Коп	1,03
СТ	1
Число плашек по радиусу, шт	4
Угол конуса плашки, град.	11
Диаметр хвостовика, мм	60
Высота плашки, мм	150
Длина хорды плашки в диаметральной сечении, мм	30
Стрела профиля плашки, мм	6
Рассчитать	

Рис. 3. Исходные данные для расчета параметров пакеров

На рис. 4 представлены результаты расчета параметров пакеров, который представляет из себя рассчитанные значения сил, которые действуют в определенных участках колонны насосно-компрессорных труб.

Наименьшая величина осевой силы  $Q$  составляет 3288 Н  
 Наибольшая высота уплотнительного элемента  $h_{\max}$  составляет 0.18 м  
 Оптимальная длина хода штока пакера  $S$  составляет 0.012 м  
 Предельная осевая нагрузка  $Q_{\text{пред}}$  составляет 3833 Н  
 Конструкция пакера не требует модернизации, так как  $Q_{\text{пред}}=3833 > Q=3288$

Рис. 4. Рассчитанные параметры пакеров

Приложение разрабатывалось с учетом возможности дальнейшего расширения, следовательно, была реализована возможность масштабирования приложения за счет создания гибкой архитектуры, позволяющей без особых временных затрат вносить изменения в приложения, а также исключая необходимость корректирования существующих модулей при добавлении новых. Еще одно достоинство реализованной архитектуры – это то, что приложение можно свободно портировать как веб-приложение (веб-сайт) без каких-либо изменений в структуре приложения. Также разрабатываемое приложение может похвастаться легкостью в работе, простотой интерфейса, а продуманная система сообщений укажет на ошибки пользователя с низким навыком работы с персональным компьютером.



## WiFi КАК ОСНОВА МЕТОДИКИ ЛОКАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ВНУТРИ УНИВЕРСИТЕТА

Д. Е. Храбров

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

Научный руководитель И. А. Мурашко

Широкое распространение беспроводных технологий передачи данных (мобильных средств передачи данных) позволяет значительно расширить круг решаемых задач. Одной из таких задач является локализация местоположения объекта (позиционирование объекта внутри помещения). Существующие технологии не эффективны внутри помещения вследствие низкой разрешающей способности, а также наличия проблемы этажей.

Большой интерес представляет *WiFi* в качестве технологии позиционирования. Это объясняется тем, что любое административное здание как правило уже содержит *WiFi*-сеть. Кроме того, именно *WiFi* доминирует среди средств беспроводной передачи информации внутри помещений. Предлагаемая в данной работе методика позиционирования объекта внутри организаций основывается именно на сетях *WiFi*.

Большое распространение получила методика сопоставления с образцом, основная идея которой заключается в измерении уровней сигнала до стационарных точек доступа *WiFi* и сравнение с данными, хранящимися в базе данных. Основным достоинством является простота реализации, недостатком – низкая точность из-за меняющихся уровней сигналов и низкой точности измерения уровня мобильными устройствами.

Основные положения предлагаемой методики локального позиционирования можно разбить на два этапа [1]. Предварительный этап – этап обучения системы, ведь для расчета необходимо иметь эталонный набор точек с уже известными координатами. На этом этапе необходимо получить опорные координаты для каждого помещения:

$$Room_i = ([P_1, Name_1], [P_2, Name_2] \dots, [P_m, Name_m]).$$

То есть для каждой комнаты необходимо хранить все сигналы видимых точек доступа ( $P_j$ ) и имена этих точек ( $Name_j$ ).

Затем необходимо сравнить список видимых точек со списком разрешенных, чтобы отфильтровать неразрешенные:

$$Rm_i = allowed\{Room\}.$$

Далее остается лишь сохранить в базу данных информацию о помещении, содержащую информацию о пяти наиболее сильных источниках для данного помещения:

$$DB_{Room_i} = mazZ_1^M \{Rm_i\}.$$

По умолчанию выбирается  $Z = 5$ , т. е. берутся 5 наиболее мощных точек доступа. Однако этот параметр трудно задать фиксированно, так как он зависит от многих факторов. Например, в спортзале желательно сохранять 7 точек доступа, а в учебных помещениях с большим количеством *WiFi* точек доступа будет достаточно хранить 3. Основной этап работы системы представлен на блок-схеме (рис. 1). Пронумерованные блоки рис. 1:

1) устройство снимает уровни сигнала до опорных точек и идентифицирует эти точки ( $Room_i$ );

2) отбрасываются точки с низким уровнем и проверяется, как много точек доступа имеют достаточный уровень сигнала ( $Rm_i$ ). Это действие выполняется 3–5 раз за короткий промежуток времени. Сильно отличающиеся от других результаты эксперимента отбрасываются, среди оставшихся одноименные координаты усредняются;

3) пересылка координат на сервер, согласно графику расписания звонков. Кроме статически указанных интервалов поддерживаются и динамические временные интервалы (гибкий график);

4) сервер обрабатывает полученные данные и определяет, в каком конкретно помещении находится данный объект. Статистика хранится на сервере для последующего использования.

Слабым местом методики является необходимость переобучения системы в случае реконфигурации оборудования. Например, изменение типа или местоположения точек доступа, добавление новых точек с высоким уровнем сигнала и т. д. Таким образом, после каждой реконфигурации требуется корректировка информации для позиционирования. В некоторых случаях это может быть эквивалентно первоначальному обучению системы [2]. Для решения данной проблемы предлагаем использовать так называемый динамический эталон.

Кроме непосредственно самой методики следует учесть несколько дополнений к ней:

1) необходимо делать три контрольных измерения. Если значения хотя бы двух измерений совпали, то положение найдено. Это отображено в блоке 1 на рис. 1;

2) при неудачном измерении координат в текущий момент времени по трем измерениям необходимо информировать сервер статистики о том, что положение в данный момент времени не известно;

3) имеет смысл помнить о неточностях алгоритма – если стоять в аудитории возле стены, то в качестве координат можно получить координаты соседнего помещения;

4) период снятия данных должен быть выставлен в соответствии с расписанием занятий: во время пар снимать данные раз в пол часа, во время перемен – раз в пять минут.

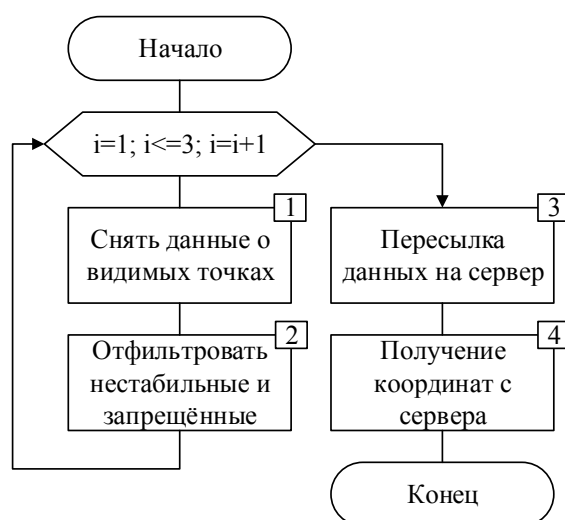


Рис. 1. Блок-схема работы клиента

После введения в методику приведенных уточнений были получены результаты, показанные на рис. 2. Каждые 1000 секунд производилось три измерения текущей координаты, которые затем округлялись по точности до помещения. Если хотя бы два измерения из трех совпадают, то помещение считается корректно найденным.

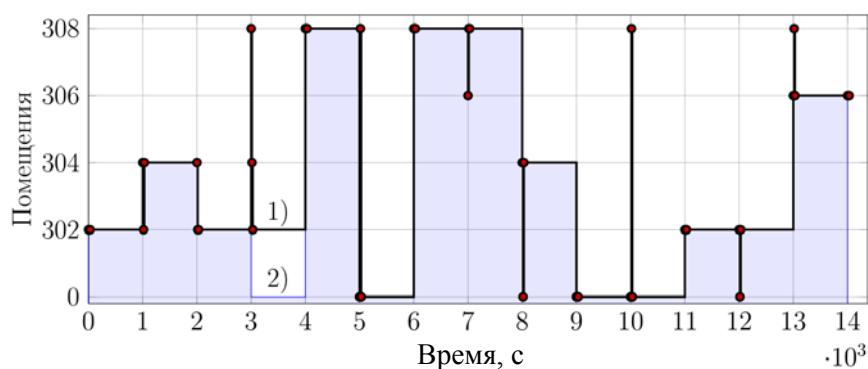


Рис. 2. График положения от времени:  
1 – вычисленное положение; 2 – реальное положение

Методика имеет слабое место, если вычисление положения производилось в момент перехода из одной аудитории в другую. В таком случае все три измерения могут дать разный результат (точка Б на графике). Чтобы избежать таких ситуаций, нужно снимать данные точно в соответствии с расписанием. При этом не нужно снимать данные в самом начале или конце занятия.

В данной работе предложена методика позиционирования внутри помещения на основании существующей *WiFi*-сети. Применение данной методики позволяет оперативно получить информацию о положении студента или преподавателя в вузе (используя программное обеспечение сервера, который собирает статистику), а также вести автоматизированный учет посещения занятий для модульно-рейтинговой системы.

Еще одним перспективным направлением улучшения предлагаемой методики является поиск наилучшего расположения *WiFi* точек доступа для повышения точности позиционирования. Следует избегать кучного расположения точек доступа, так как в таком случае при перемещении в пространстве вектор измеренных значений будет изменяться не значительно. В обратном случае, когда точки слишком сильно удалены друг от друга, алгоритму может не хватить опорных точек с достаточным уровнем сигнала.

#### Литература

1. Храбров, Д. Е. Методика позиционирования и контроля посещаемости студентов на основании *WiFi*-сети университета / Д. Е. Храбров, И. А. Мурашко / М-во образования Респ. Беларусь, Бел. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2014. – С. 254–255.
2. A survey of mathematical methods for indoor localization / F. Seco [et al.] // Intelligent Signal Processing, 2009. WISP 2009. IEEE International Symposium on. – 2009. – P. 9–14.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ НАРЕЗКИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Ю. Д. Логинова, А. А. Шведко, А. А. Бурак

*Учреждение образования «Гродненский государственный аграрный университет», Беларусь*

Научный руководитель А. В. Потеха

### Введение

Методической основой эволюционного моделирования (ЭМ) являются генетические алгоритмы [1]. Первой монографией, системно представившей научной обществу ЭМ, по-видимому, следует считать работу Л. Фогеля [2]. Среди отечественных ученых приоритет в области ЭМ принадлежит И. Л. Букатовой [3].

Уже в работах Л. Фогеля и И. Л. Букатовой обозначились практические приложения ЭМ: задачи прогнозирования (синоним – предсказание), распознавания образов, управления в условиях неполной информации и др. Сегодня ЭМ используется для решения задач оптимизации, размещения и управления, обоснования норм безопасности информации автоматизированных систем. Известны работы по использованию ЭМ для оптимизации конструкции вибраторных антенн и конструкторской проработки модернизации агрегатов летательного аппарата. Практически отсутствуют исследования, посвященные использованию ЭМ для прогнозирования направлений совершенствования технических систем.

В настоящей работе разработанная нами методика ЭМ применяется для определения направлений перспективного развития подсистем (элементов) устройства для нарезки хлебобулочных изделий, описанного в патенте US 5461956.

### Методика исследований

Методическое обеспечение работы осуществлялось в соответствии с работой [4]. На всех этапах исследования для решения статистических задач по генерации случайных чисел применяли программу Random Number Generator v.1.1. При расчете значений фенотипов систем и функции приспособленности использовали средние значения по 10 хромосомам (структурных модулей устройства). Каждый структурный модуль, в свою очередь, представлялся состоящим из конкретных систем (подсистем) устройства (набора элементов двоичного кода). Задаем условие – завершить остановку работы алгоритма после того, когда в течение не менее трех итераций значения функции приспособленности будут изменяться на величину менее 5 %. Предполагаем, что в парах родителей реализуется одноточечный кроссовер, а в каждой хромосоме мутирует два гена. Внешний вид моделированного устройства представлен на рис. 1.

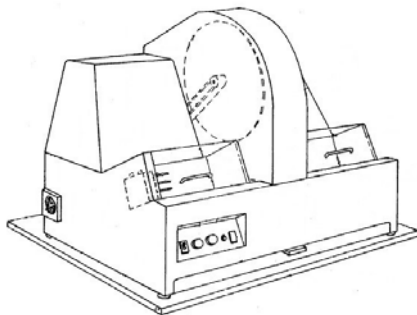


Рис. 1. Устройство для нарезки хлебобулочных изделий

В качестве функции приспособленности использовали аналитическое описание S-образной кривой, наиболее точно описывающей эволюцию технических систем.

#### Полученные результаты

В качестве исследуемых объектов определяем следующие системы устройства: 1 – поддон; 2 – механизм подачи (привод, конвейер, толкатель); 3 – механизм нарезки (диск, шатун, привод); 4 – сенсорная система привода (датчик); 5 – система управления. На основании исторических данных о развитии физической науки и их связи с создаваемыми конструкциями машин и механизмов зададим с использованием двоичных кодов системам значения (фенотипы), характеризующие степень их сложности (совершенства): поддон – от 0 до 3 (система 1); механизм подачи – до 15 (2); механизм нарезки – до 31 (3); сенсорная система привода – до 63 (4); система управления – до 127 (5). Это позволяет определить длину хромосомы в 35 позиций, распределенные между пятью структурными модулями устройства.

В табл. 1 представлены исходные (родительские) хромосомы, соответствующие им значения фенотипов и рассчитанные значения функции приспособленности.

Таблица 1

#### Результаты расчета функции приспособленности для родительских хромосом

1 система	Ф1	2 система	Ф2	3 система	Ф3	4 система	Ф4	5 система	Ф5	К
0000000	0	0000010	2	0010010	18	0100001	33	0110110	54	170,7
0000001	1	0001010	10	0000101	5	0011101	29	0101011	44	138,5
0000011	3	0000111	7	0011000	24	0101010	42	1001100	86	209,7
0000010	2	0000000	0	0001010	10	0101001	41	0000000	0	80,6
0000000	0	0001010	10	0000011	3	0100110	38	0000100	4	76,7
0000010	2	0001101	13	0010010	18	0101010	42	1110000	112	195,5
0000001	1	0000000	0	0010011	19	0100101	37	1110001	113	185,3
0000010	2	0001101	13	0001101	13	0011101	29	0000011	3	67,6
0000010	2	0000010	2	0001000	8	0111110	62	1100101	101	181,3
0000000	0	0001000	8	0001010	10	0001001	9	1001101	77	95,9
Средние значения	1,5		6,5		12,8		36,2		59,4	140,18

Примечание: К – значение функции приспособленности; Ф – фенотип системы.

Среднее значение функции приспособленности для хромосом, представленных в табл. 1, составляет 140,18.

На этапе селекции хромосом осуществляем выбор хромосом, которые будут участвовать в создании 1-го поколения потомков. Селекцию осуществляем методом рулетки. По результатам расчетов (1 генерация) при формировании следующей особи (1-е поколение потомков) используются: по три хромосомы № 7; по две хромосомы № 10; по одной хромосоме № 1, 3, 5, 6 и 9 (табл. 2).

Результаты расчета количества «побед» хромосом

Характеристика	Хромосомы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Функция приспособленности	170,7	138,5	209,7	80,6	76,7	195,5	185,3	67,6	181,3	95,9
2. Площадь сектора на круге, %	12,1	9,9	15	5,7	5,5	14,0	13,2	4,8	13,0	6,8
3. Количество «побед» хромосом	1	0	1	0	1	1	3	0	1	2

Хромосомы с порядковыми номерами 2, 4 и 8 в формировании следующего поколения хромосом участия не принимают.

После итерационных вычислений, завершившихся на восьмом поколении потомков при выполнении заданного условия остановки алгоритма, получаем для каждой итерации значения функции приспособленности и фенотипов систем.

Значения функции приспособленности по результатам моделирования увеличились от родительских хромосом до восьмого поколения потомков более чем в 1,4 раза. Это свидетельствует об увеличении инновационности устройства для нарезки хлеба.

При планировании исследования предполагалось 10-кратное повторение генерации хромосом (структурных модулей) для последующего расчета средних значений фенотипов систем. Это позволило проследить динамику изменения фенотипов всех систем, а также динамику роста функции приспособленности, и оценить закономерности их эволюции (рис. 2).

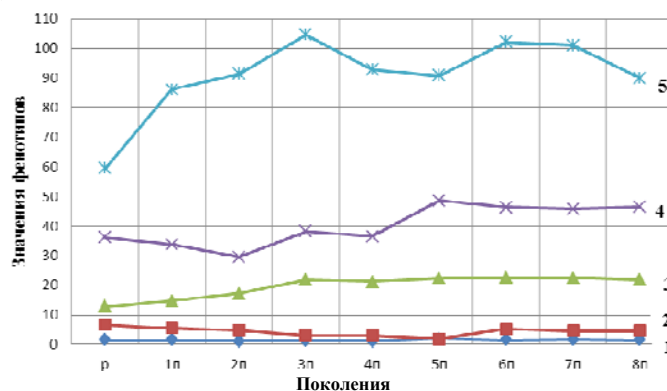


Рис. 2. Динамика изменения значений фенотипов систем по поколениям

### Заключение

Результаты расчетов показывают, что наименее сложные в техническом отношении системы (1–2) на протяжении проведенных итераций незначительно изменяют свои значения. Отмечаемые изменения (колебания) могут быть объяснены статистической природой используемого метода и цикличностью развития науки и производства. Последнее достаточно обстоятельно представлено в трудах Н. Д. Кондратьева. Наиболее перспективными для инновационного совершенствования моделируемого устройства являются системы 4 и 5.

## Литература

1. Холанд, Дж. Х. Генетические алгоритмы / Дж. Х. Холанд // В мире науки. – 1992. – № 9/10. – С. 32–40.
2. Фогель, Л. Искусственный интеллект и эволюционное моделирование / Л. Фогель, А. Оуэнс, М. Уолш. – М. : Мир, 1969. – 231 с.
3. Букатова, И. Л. Эволюционное моделирование и его приложения / И. Л. Букатова. – М. : Наука, 1979. – 232 с.
4. Потеха, А. В. Методология генотехники / А. В. Потеха // Роботизированные системы пожаротушения : сб. материалов докл. I Междунар. науч.-практ. конф. / редкол.: В. Л. Потеха [и др.]. – Гродно : ГГАУ, 2014. – С. 55–66.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

М. А. Бужан

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

Научный руководитель Е. И. Сукач

Теория вероятностно-алгебраического моделирования позволяет последовательно решить типовые задачи моделирования сложных систем, результаты которого могут служить основой принятия решения при управлении объектами графовой структуры [1]. В результате изучения класса электросетевых объектов с целью их моделирования были выделены его особенности, позволяющие применить для сравнительного анализа надежности организации вариантов электросетевых объектов аппарат вероятностно-алгебраического моделирования [2], в частности, методику оценки надежности (безопасности) и работоспособности электросетевых объектов, формализованных в виде графов со множеством входов/выходов. Итогом выбранной схемы формализации электроэнергетической системы объектов является граф, имеющий набор терминальных вершин  $i = 4$ .

### Анализ вариантов организации электроэнергетических объектов

Рассматривается типовой вариант организации электроэнергетической системы, представленный на рис. 1.

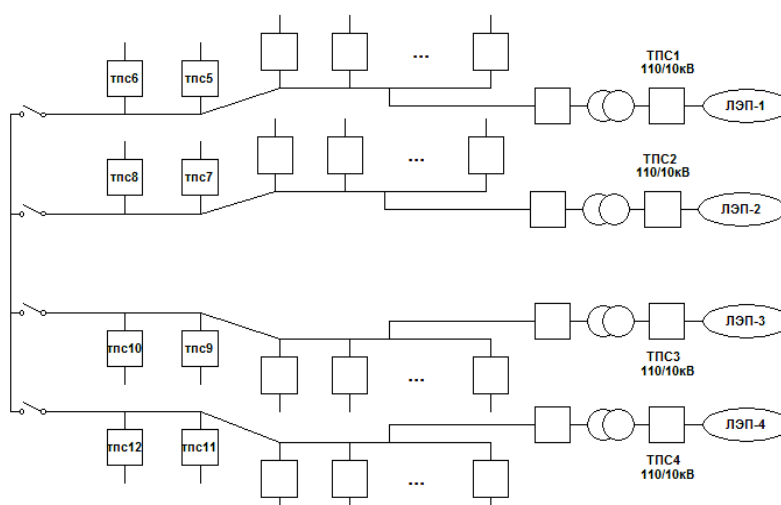


Рис. 1. Схема фрагмента электроэнергетической системы

Схема представляет собой упрощенный вариант организации электроэнергетической системы и включает определенным образом соединенные графические примитивы, обозначающие типовые элементы (генераторы, трансформаторы, системы автоматического регулирования, линии электропередачи, аппараты коммутации, релейной защиты, переключатели и др.) исследуемых объектов, имеющие вероятностные параметры надежного функционирования.

С целью применения теории вероятностно-алгебраического моделирования схема электроэнергетической системы была преобразована в граф (рис. 2), с выделением элементов графовых моделей. При этом схема была формализована как система-четыреполюсник [1]. Терминальные вершины графов отмечены на рисунках символами А, В, С, D.

Рассматривались два варианта исходных данных, определяющих вероятность надежной работы элементов электроэнергетической системы.

*Первый вариант* описывает ситуацию, при которой все оборудование K1-K5, K8-K12, K15-K19, K22-K26 имеет высокие показатели надежности, при этом каждая из четырех линий обеспечивает эффективно электроэнергией потребителей (K6, K7, K13, K14, K20, K21, K27, K28). Переключатели в такой ситуации находятся в разомкнутом состоянии, и, соответственно, они описываются элементами модели (B1-B4), надежность которых имеет предельно малые значения.

*Второй вариант* описывает ситуацию снижения надежности работы одного из ТПС на 60 % и увеличения работоспособности выключателей на 60 %.

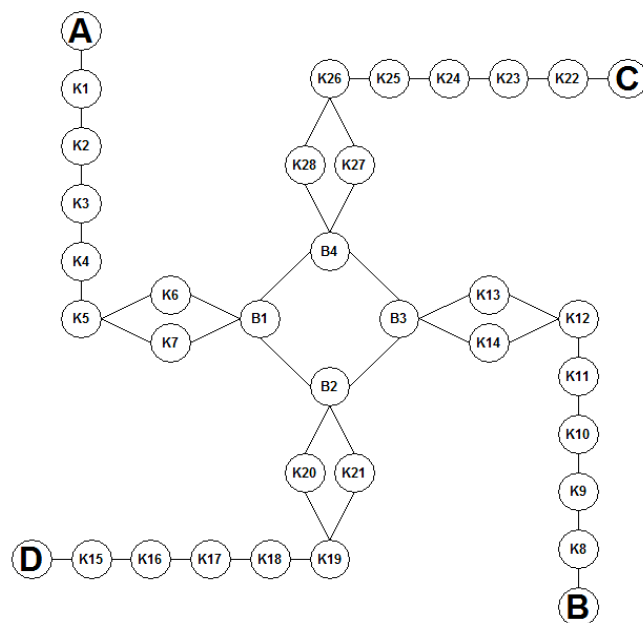


Рис. 2. Граф модели фрагмента электроэнергетической системы

В результате проведения расчета были получены вероятностные оценки, характеризующие варианты организации электроэнергетической системы-четыреполюсника. В двух вариантах, несмотря на снижение надежности работы ТПС, наибольшую вероятность имеет первое состояние системы S1, описывающее ситуацию, когда все четыре терминальные вершины разъединены. Среди всех остальных вероятностных состояний (рис. 3) системы S2-S15, описывающих различные варианты



надежного соединения терминальных вершин, заметно выделяются S2 и S6 для второго варианта исходных данных, вероятность остальных состояний незначительна. Состояние S2 описывает вариант организации сети, в котором соединены терминальные вершины A и B, связь между остальными вершинами отсутствует. Состояние S6 описывает вариант организации сети, в котором соединены терминальные вершины A, B и C, а связь с вершиной D отсутствует. В этом смысле он является более надежным. Остальные состояния описывают различные варианты соединения терминальных вершин и имеют значения вероятностей не больше 0,00002.

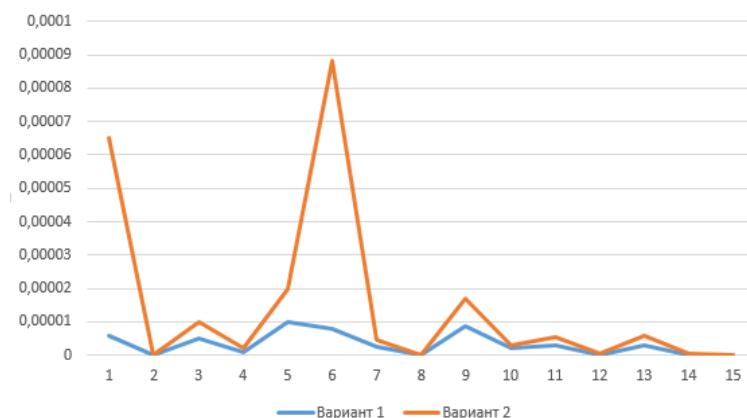


Рис. 3. Вероятности результирующих состояний надежности

Наибольшую вероятность надежного соединения имеет первый вариант исходных данных, а среди набора терминальных вершин выделяется соединение C→B.

### Заключение

Представленный в статье подход эффективен и результативен при проектировании и разработке новых электроэнергетических объектов, при подключении новых линий электропередачи, оценке характеристик надежности трансформаторных подстанций с целью повышения надежности и безопасности организации всей системы. Его применение позволяет анализировать изменение надежности организации электроэнергетических объектов в результате изменения параметров надежности одного элемента или всех элементов системы.

### Литература

1. Сукач, Е. И. Вероятностно-алгебраическое моделирование сложных систем графовой структуры / Е. И. Сукач ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2012. – 224 с.
2. Бужан, М. А. Автоматизация расчета надежности технологических систем производства с элементами потенциальной опасности / Ю. В. Жердецкий, М. А. Бужан // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях : XVIII Респ. науч. конф. студентов и аспирантов, Гомель, 23–25 марта 2015 г. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – Ч. 1.

## АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ С ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ю. В. Жердецкий

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

Научный руководитель Е. И. Сукач

Проектирование, исследование и эксплуатация объектов с элементами потенциальной опасности немыслимы без их математического моделирования, учитывающего структурную организацию исследуемого объекта, параметры элементов и случайные воздействия факторов внешней среды. Модель упрощает, удешевляет и ускоряет процесс исследования оригинала. Необходимость использования моделей возникает, когда получение решений на реальном объекте дорого, сложно или вообще невозможно. В случае наличия элементов потенциальной опасности моделирование предупреждает возникновение аварий и чрезвычайных ситуаций в ходе функционирования исследуемых объектов. С использованием автоматизированного компьютерного моделирования должна формироваться стратегия управления подобными объектами, учитывающая временные изменения вероятностного поведения элементов и объекта в целом [1]. В идеале такая стратегия должна обеспечивать возможность реализации адаптивного управления, учитывающего вероятностные параметры случайных процессов и своевременно генерирующие корректирующие управляющие воздействия.

В рамках данной статьи приводится один из подходов к решению задачи адаптивного управления объектами с потенциально опасными элементами с использованием компьютерного моделирования и излагаются результаты тестирования программного обеспечения, автоматизирующего процесс решения этой задачи.

Рассматривается основная подсистема технологических систем производства (ТСП), а именно подсистема технологических процессов, представленная в виде графа. Предполагается, что элементами подсистемы являются технологические операции (ТХО), при выполнении которых могут происходить отказы и опасные отказы. Таким образом, часть из ТХО по ряду признаков можно отнести к потенциально опасным элементам, оказывающим непосредственное влияние на реализацию технологического цикла.

Для демонстрации решения поставленной задачи использовалась параметризованная модель подсистемы технологических процессов [2], построенная с использованием программного обеспечения вероятностно-алгебраического моделирования сложных систем простой графовой структуры (рис. 1).

Характеристиками надежности элементов при оценке надежности организации подсистемы технологических процессов служили вероятности отказов, возникающие в ходе выполнения ТХО. Рассматривались три состояния надежности элементов:  $S_1$  – надежное выполнение операции;  $S_2$  – отказы при выполнении ТХО;  $S_3$  – опасные отказы при выполнении ТХО. Первые элементы  $p_0^i$  векторов

$$P^i = (p_0^i, p_1^i, \dots, p_n^i), \quad \sum_{j=0}^n p_j^i = 1, \quad i = \overline{1, m} \quad (1)$$

определяли вероятность безотказного выполнения  $i$ -й ТХО, вторые  $p_1^i$  указывали на вероятности отказов при выполнении ТХО, не влияющие на надежность выполне-

ия последующих ТХО; третьи составляющие вектора (1)  $p_2^i$  задавали вероятность опасного отказа, возникающего при выполнении ТХО.

Ввиду того что модель служила лишь примером, позволяющим продемонстрировать решение типовой задачи, то исходные данные (значения векторов (1)) были выбраны произвольным образом.

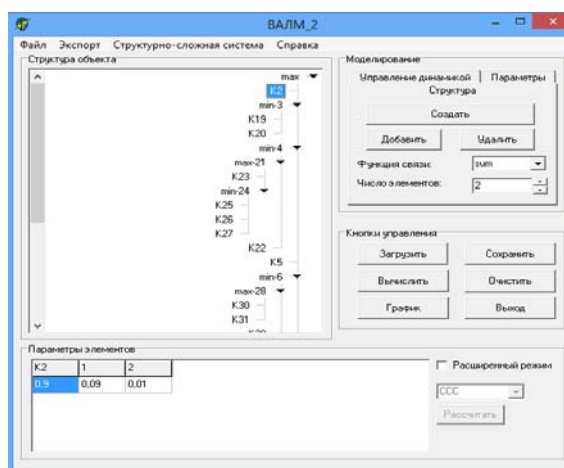


Рис. 1. Система вероятностно-алгебраического моделирования сложных систем простой графовой структуры

Ставилась задача провести модельные эксперименты при выполнении ТХО = {ТХО<sub>*i*</sub>},  $i = \overline{1,52}$  в динамике с заменой элемента при достижении предельных значений векторов вероятностей состояний надежности совокупности ТХО, реализующих технологический производственный цикл. Критической отметкой считался вектор (0,6; 0,2; 0,3), где предельным значением состояния  $S_1$  являлось значение 0,6,  $S_2 - 0,2$  и  $S_3 - 0,3$ . Замещающий элемент ТСП имел параметры (1; 0; 0), при использовании которого вероятность безопасных и опасных отказов равна 0.

Поскольку модель параметризована, то варьирование параметров в заданных пределах позволила оценить степень их влияния на изменение надежности организации подсистемы и выделить те из них, которые обеспечивали наиболее надежный вариант организации ТСП.

В результате проведения серии модельных экспериментов были получены значения векторов вероятностей (1) состояний надежности всей подсистемы технологических процессов (рис. 2).

Как видно из рис. 2, вероятность надежной работы ТСП изменяется на интервале [0,156; 0,308]. Вероятность безопасных отказов изменяется в пределах от 0,422 до 0,55. Опасный отказ возможен с вероятностью, которая изменяется на интервале [0,141; 0,42]. На 10 шаге наблюдается минимальная вероятность функционирования системы – 0,12070349481830579, но уже на 12 шаге происходит скачок вероятности состояния  $S_1$  до значения 0,212491835092525352. При этом уменьшается риск возникновения опасного отказа технологического процесса производства до 28,1 %. На четвертом шаге моделирования вероятность возникновения надежного и опасного отказа почти равны,  $P(S_1) = 0,222819979208209883$  и  $P(S_3) = 0,233965845417281912$ . Далее на двадцать первом шаге происходит сближение вероятностей безопасного и опасного отказов ТСП:  $P(S_2) = 0,422478808002707741$  и  $P(S_3) = 0,420736332994110139$ .

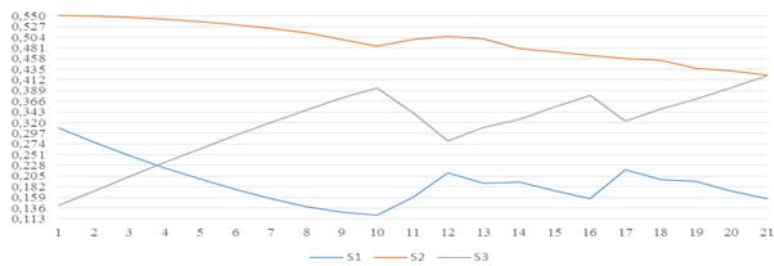


Рис. 2. Зависимость изменения состояний надежности ( $S_1$ - $S_3$ ) подсистемы производственного технологического процесса в результате выполнения серии модельных экспериментов в динамике с заменой ненадежных элементов

Результаты моделирования ТСП на временном интервале ( $t = 1, \dots, 256$ ) представлены на рис. 3.

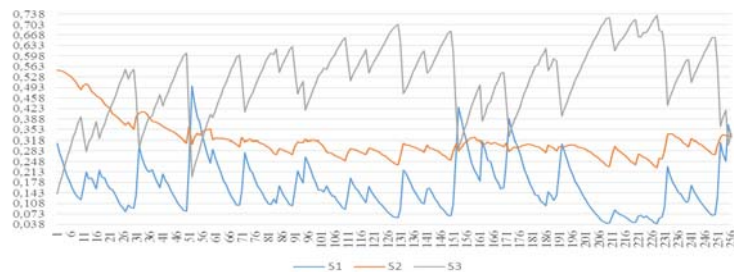


Рис. 3. Зависимость модельных экспериментов и характеристик подсистемы технологических процессов

Как видно из графиков, максимальная надежность ( $S_1$ ) технологической системы производства достигает 50 %, а минимальная около 3,9 %; безопасные отказы ( $S_2$ ) стабилизируются в пределах 22–34 %; наибольшая отметка опасного отказа ( $S_3$ ) составляет около 73,4 %, а наименьшая около 14 %.

#### Литература

1. Сукач, Е. И. Метод перераспределения автомобильных транспортных потоков региона на основе имитационного моделирования / Е. И. Сукач // Реєстрація, зберігання і обробка даних (Data Recording, Storage & Processing). – 2008. – Т. 10, № 3. – С. 37–45.
2. Жердецкий, Ю. В. Вероятностно-алгебраические модели технологических систем производства с элементами потенциальной опасности / Ю. В. Жердецкий // Изв. ГГУ. – 2014. – № 6 (87). – С. 123–128.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ В ДИСКАХ ПЕРЕКРЫТИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В СТРУКТУРЕ КАРКАСНОГО ЗДАНИЯ

Д. Н. Трубенюк

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

Научный руководитель К. С. Курочка

Расчет конструкций на разрушительные воздействия в настоящее время широко используется во многих отраслях производства. В строительных конструкциях са-

мыми разрушительными считаются собственные колебания, которые возникают под воздействием внешней нагрузки. Поэтому моделирование данного физического процесса является востребованным.

Ввиду того что на строительные конструкции воздействуют нагрузки, которые в свою очередь вызывают разрушительные собственные колебания, нужно учитывать данный физический процесс при проектировании.

По этой причине в настоящее время в строительной отрасли актуальны математические методы, позволяющие моделировать данную задачу на компьютере. Одним из наиболее эффективных и распространенных методов является метод конечных элементов [1].

В качестве математической модели [1]–[3], описывающей поведение многопустотной плиты, выбрано матричное дифференциальное уравнение:

$$[K]\{\delta\} + [C]\frac{\partial\{\delta\}}{\partial t} + [M]\frac{\partial^2\{\delta\}}{\partial t^2} + \{F\} = 0, \quad (1)$$

где  $[K]$  – матрица жесткости;  $[C]$  – матрица демпфирования;  $[M]$  – матрица масс;  $\{\delta\}$  – вектор узловых перемещений;  $\{F\}$  – вектор нагрузки.

Рассмотрим вектор узловых перемещений  $\{\delta\}$  из уравнения (1) и предположим, что решение существует и имеет следующую форму:

$$\{\delta(t)\} = \{\delta_0\}e^{at}, \quad (2)$$

произведем подстановку этого выражения в уравнение (1) и получим уравнение [2]:

$$([K] + a[C] + a^2[M])\{\delta_0\} + \{F\} = 0, \quad (3)$$

где  $a$  – мнимая величина, т. е. имеет вид:

$$a = i\omega, \quad (4)$$

тогда

$$e^{at} = e^{i\omega t} = \cos(\omega t) + i \sin(\omega t). \quad (5)$$

В общем случае вектор  $\{\delta_0\}$  является комплексным, следовательно:

$$\{\delta_0\} = \{\delta_x\} + i\{\delta_y\}. \quad (6)$$

В ходе преобразований [1, с. 371–372] уравнение (3) приводится к виду:

$$\begin{bmatrix} [K] - \omega^2[M] & -\omega[C] \\ -\omega[C] & [K] - \omega^2[M] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \end{Bmatrix} = - \begin{Bmatrix} F \\ 0 \end{Bmatrix}, \quad (7)$$

где  $\delta_x$  – вещественная;  $\delta_y$  – мнимая части вектора узловых перемещений;  $\omega$  – период колебаний.

Для нахождения форм собственных колебаний в начальный момент времени следует подставить полученные значения, в ходе решения методом Гаусса уравнения (7), в формулу

$$\{\delta\} = \{\delta_x\} \cos(\omega t) + \{\delta_y\} \sin(\omega t). \quad (8)$$

Результаты уравнения (8) используются для нахождения форм собственных колебаний [2]:

$$U_{ji} = \frac{\delta_{ji}}{\omega} \sum_{r=1}^m \varepsilon \left( \frac{\tau \omega}{2\pi} \right) \delta_{jr} S_r, (j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, n). \quad (9)$$

Найденные формы собственных колебаний ( $U_{ji}$ ) подставляются в следующее уравнение для нахождения значений перемещений ( $u_j$ ), затухающих с течением времени:

$$u_j = \sum_{i=1}^n U_{ji} e^{-\frac{\gamma}{2}\omega t} \sin(\omega t), (j = 1, \dots, n). \quad (10)$$

Верификация осуществлялась на исследовании колебаний железобетонной многопустотной плиты перекрытий ПК63.15.8АТ-800-аТ-2 со следующими характеристиками: длина – 6,2 м, ширина – 1,49 м, высота – 0,22 м, плита имеет 7 отверстий с диаметром 159 мм каждое. При нагрузке 3283 Па прогиб в нижней растянутой зоне в середине пролета равен 15,14 мм [4, с. 61], в ходе вычислительного эксперимента он составил 14,65 мм. При нагрузке 4528 Па прогиб в середине пролета составил 20,6 мм [4, с. 61], в ходе вычислительного эксперимента он составил 19,9 мм.

На рис. 1 приведены максимальные прогибы многопустотной плиты в течение времени исследования. Во время исследования данная плита дискретизировалась по длине на 20 конечных элементов, по ширине – на 14 (т. е. на 280 конечных элементов). Результат моделирования с величиной нагрузки 4528 Па представлен на рис. 1.

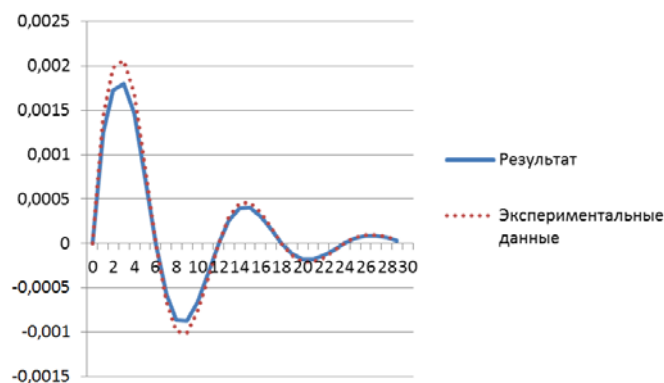


Рис. 1. Амплитуды колебаний, возникающих под действием внешней нагрузки

Результаты моделирования сравнивались с решением, описанным в статье [4, с. 59]. Расхождение полученных результатов не превысило 13 %. Из этого следует, что результаты, производимые по представленной математической модели, имеют небольшое расхождение с вычислениями, полученными экспериментально [4].

#### Литература

1. Зенкевич, О. С. Метод конечных элементов в технике : учебник / О. С. Зенкевич. – М. : МИР, 1975. – 541 с.

2. Перельмутер, А. В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа : учебник / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – Киев : Сталь, 2002. – 596 с.
3. Курочка, К. С. Численное моделирование деформаций многопустотных плит / К. С. Курочка // Изв. ГГУ им. Ф. Скорины. – 2002. – № 6 (15). – С. 44–48.
4. Пространственные конструктивные системы зданий и сооружений, методы расчета, конструирования и технология возведения : тр. междунар. науч.-техн. конф., Минск, 10–12 окт. 2001 г. / Ин-т БелНИИС ; редкол.: А. И. Мордич [и др.]. – Минск, 2002. – 287 с.

## **WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ОТОБРАЖЕНИЯ ЛОКАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СТУДЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ КАФЕДРЫ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

**Д. В. Жаворонков**

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

Научный руководитель И. А. Мурашко

Широкое распространение беспроводных технологий передачи данных, в частности, мобильных средств передачи данных, позволяет значительно расширить круг решаемых задач. Одной из таких задач является локальное позиционирование внутри помещения. Использование данной технологии дает возможность навигации в помещении и позволяет улучшить контроль посещаемости студентов.

Приложение локального позиционирования позволяет определить местоположение студента в определенный момент времени. Использование этих данных позволяет провести проверку посещаемости студентов, не выходя из комнаты.

Информация о посещаемости студента хранится в базе данных. Перед заполнением базы посещаемости необходимо заполнить справочники. После заполнения справочников можно заполнять базу посещаемости. Она содержит в себе информацию о конкретном студенте, конкретной паре и поле посещения. Данная база будет заполняться автоматически, при проведении замеров таким образом. Будут сравниваться координаты реального положения студентов с координатами места, где должен находиться конкретный студент. Данная информация заносится в базу посещаемости.

На основании данных, полученных из таблицы посещаемости, можно получить статистику посещений студента (рис. 1). В зависимости от выбранной недели выбираются занятия либо над чертой, либо под чертой. Занятия, проводимые каждую неделю, выбираются всегда.

Данные поля Attendance могут принимать одно из трех значений: студент был на паре, студент не был на паре и нет данных.

Статистика может быть представлена как за определенное время, так и суммарное количество пропусков по каждой паре. Кроме того, можно выводить статистику прогулов относительно всей группы. Поскольку данные локального позиционирования имеют неточности, которые усиливаются при нахождении студента рядом со стеной, для преодоления их проводится несколько расчетов. По умолчанию выполняются три расчета [2]. Если студент был отмечен на паре два раза из трех, то считается, что студент был на паре. Замеры можно проводить в начале, в середине и в конце пары.

Marina Plotnikova Alekseevna		2015-09-01 -> 2015-09-08		Submit	
Lesson	Room	Group	WeekDay	StartTime	Attendance
Monday					
OrPiUP	A-306	IT-42	alw	08:00:00	absent
OPR	A-305	IT-42	up	09:00:00	absent
OAK	A-310	IT-42	up	11:00:00	present
OAK	A-310	IT-42	up	13:00:00	no data
Tuesday					
3DMOD	A-310	IT-42	alw	09:00:00	present
3DMOD	A-306	IT-42	up	11:00:00	no data
BZIPPD	A-306	IT-42	und	11:00:00	no data
OPR	A-306	IT-42	alw	13:00:00	no data
Wednesday					
OPR	A-306	IT-42	up	08:00:00	no data
OPR	A-306	IT-42	up	09:00:00	no data
3DMOD	A-306	IT-42	und	09:00:00	no data
ATP	A-306	IT-42	alw	11:00:00	no data

Рис. 1. Пример статистики посещения пар за неделю

В случае необходимости реконфигурации оборудования переобучение системы происходит изменением той таблицы, в которой происходят изменения. Этими таблицами могут быть справочники студентов, расписаний, аудиторий.

Расписание можно использовать не только для указания времени проведения пары, но и для построения маршрута движения от завершенного занятия к следующему. Студенты могут использовать приложение не только для просмотра расписания, но и для поиска пути к следующему занятию.

Для построения оптимального пути достаточно знать начальную и конечную аудитории. Расписание содержит информацию об аудиториях, где проводятся занятия. Карта аудиторий хранится в виде неориентированного графа. Пример построения маршрута представлен на рис. 2.

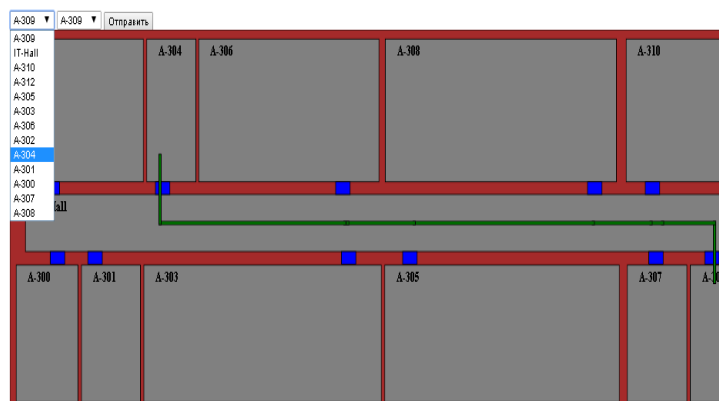


Рис. 2. Пример построения маршрута

Для поиска оптимального маршрута используется алгоритм Дейкстры. Координаты точек и их принадлежность к комнатам хранится в базе данных. В качестве весов линий выбрано расстояние между координатами, тогда задача сводится к нахождению пути с минимальной длиной. Расстояние между координатами всегда положительное, следовательно, не имеет смысла включать обработку отрицательных весов. Схема алгоритма представлена на рис. 3.



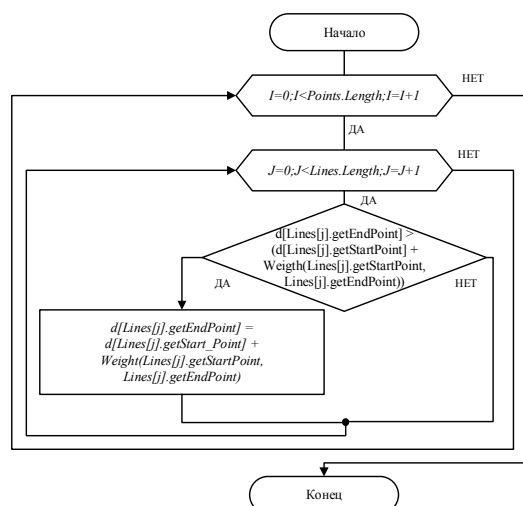


Рис. 3. Блок-схема работы алгоритма

На рис. 3 видно, что поиск пути проводится по всем точкам и линиям. Данный подход является неоптимальным с точки зрения времени полезной работы. Для сокращения вычислений перед работой алгоритма проводятся следующие операции:

1) выборка точек, принадлежащих одному корпусу. В случае если необходимо проложить маршрут из одного корпуса в другой, то необходимо сделать выборку всех точек, принадлежащих данным корпусам;

2) выборка точек, находящихся на одном этаже. В случае если необходимо проложить маршрут между этажами, то необходима выборка точек, находящихся на этаже и начальной точки, и конечной точки. Поскольку лестница соединяет различные этажи между собой, то точки, указывающие положение лестницы, выбираются вне зависимости занимаемого этажа.

Применение данной методики позволяет оперативно обрабатывать информацию о положении студента или преподавателя в вузе, используя программное обеспечение сервера, который собирает статистику, а также вести автоматизированный учет посещения занятий для статистического анализа.

#### Литература

1. Рудикова, Л. В. Базы данных. Разработка приложений / Л. В. Рудикова. – СПб. : БХВ – Петербург, 2006. – С. 144–150.
2. Храбров, Д. Е. Методика позиционирования и контроля посещаемости студентов на основании WiFi-сети университета / Д. Е. Храбров, И. А. Мурашко / М-во образования Респ. Беларусь, Бел. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2014. – С. 254–255.

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АУДИТА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

О. М. Голембиовская, К. Е. Шинаков, В. А. Минина

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
профессионального образования «Брянский государственный  
технический университет», Россия*

Вопрос аудита информационной безопасности на промышленных предприятиях является весьма актуальной задачей. Это связано с возрастающими штрафными

санкциями со стороны регуляторов, а также с острой необходимостью обеспечения защиты коммерческой тайны, в которую входят уникальные чертежи разработок, конструкторская документация и др. С помощью автоматизированной системы аудита информационной безопасности возможно провести классификацию активов, определить достаточность существующих мер защиты, а также определить дополнительный перечень мер, мероприятий и действий, направленных на повышение системы защиты.

На сегодняшний день процесс аудита информационной безопасности включает следующие этапы:

#### 1. Проведение классификации активов.

##### 1.1. Определение состава и уровней защищенности персональных данных.

В соответствии с Постановлением № 1119 информационные системы персональных данных (ИСПДн) подразделяются на 4 группы:

- Специальные ИСПДн (если в ИСПДн обрабатываются персональные данные, касающиеся расовой, национальной принадлежности, политических взглядов, религиозных или философских убеждений, состояния здоровья, интимной жизни субъектов персональных данных);

- Биометрические ИСПД (если в ИСПДн обрабатываются сведения, которые характеризуют физиологические и биологические особенности человека, на основании которых можно установить его личность и которые используются оператором для установления личности субъекта персональных данных, и не обрабатываются сведения, относящиеся к специальным категориям персональных данных);

- Общедоступные ИСПДн (если в ИСПДн обрабатываются персональные данные субъектов персональных данных, полученные только из общедоступных источников персональных данных, созданных в соответствии со ст. 8 Федерального закона «О персональных данных»);

- Иные ИСПДн (если в ИСПДн обрабатываются персональные данные субъектов персональных данных, не представленные в трех предыдущих группах) [1].

##### 1.2. Определение состава данных, относимых к коммерческой тайне.

В соответствии с Федеральным законом от 29 июля 2004 г. № 98-ФЗ «О коммерческой тайне» «информация, составляющая коммерческую тайну – сведения любого характера (производственные, технические, экономические, организационные и др.), в том числе о результатах интеллектуальной деятельности в научно-технической сфере, а также сведения о способах осуществления профессиональной деятельности, которые имеют действительную или потенциальную коммерческую ценность в силу неизвестности их третьим лицам, к которым у третьих лиц нет свободного доступа на законном основании и в отношении которых обладателем таких сведений введен режим коммерческой тайны» [2].

#### 2. Оценка возможных потерь.

##### 2.1. Оценка потерь в соответствии с системой штрафных санкций в области защиты конфиденциальной информации (табл. 1).

Таблица 1

**Выдержка из перечня санкций в области защиты  
конфиденциальной информации**

Статья	Нарушение	Ответственность
<b>Дисциплинарные взыскания</b>		
Ст. 192 ТК РФ	Неисполнение или ненадлежащее исполнение работником по его вине возложенных на него трудовых обязанностей	1) замечание; 2) выговор; 3) увольнение по соответствующим основаниям
<b>Административная ответственность</b>		
Ст. 13.14 КоАП РФ	Разглашение информации, доступ к которой ограничен федеральным законом	Штраф на граждан в размере от 500 до 1000 р.; штраф на должностных лиц – от 4000 до 5000 р.
<b>Уголовная ответственность</b>		
Ст. 183 п. 1 УК РФ	Собирание сведений, составляющих коммерческую тайну, путем похищения документов, подкупа или угроз, а равно иным незаконным способом	1) штраф в размере до 80000 р.

2.2. Оценка потерь в соответствии с упущенной выгодой от разглашения конфиденциальной информации (коммерческой тайны).

3. Оценка достаточности принимаемых мер для защиты КИ (табл. 2).

Таблица 2

**Формализация понятия перекрытия ИСПДн**

Наименование угрозы	Средство нейтрализации угрозы
Угрозы утечки акустической информации	Виброгенераторы, генераторы шумов, звукоизоляция
Угрозы утечки видовой информации	Жалюзи на окна
Угрозы утечки по каналам ПЭМИН	Генераторы пространственного зашумления, генератор шума по цепи электропитания
Кража ПЭВМ	Охранная сигнализация, решетки на окна, металлическая дверь, кодовый замок, шифрование данных
Кража носителей информации	Охранная сигнализация, хранение в сейфе, шифрование данных
Кража ключей доступа	Хранение в сейфе
Кражи, модификации, уничтожение информации	Охранная сигнализация, решетки на окна, металлическая дверь, кодовый замок, шифрование данных, система защиты от НСД

3.1. Оценка достаточности мер в соответствии с требованиями законодательства РФ в области защиты ПДн.

3.2. Оценка достаточности мер в соответствии с требованиями законодательства РФ в области защиты коммерческой тайны.

4. Формирование рекомендаций на основе полученных данных о несоответствии необходимым требованиям по защите конфиденциальной информации (персональным данным и коммерческой тайне).

Алгоритм работы АС представлен на рис. 1.

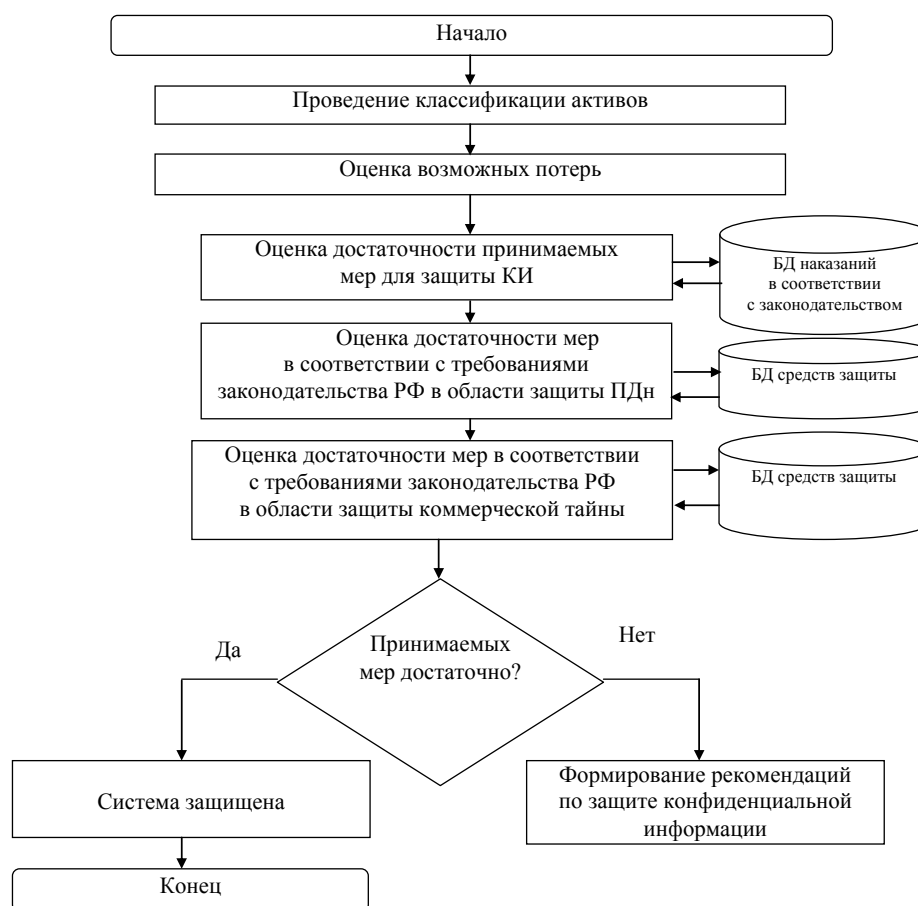


Рис. 1. Алгоритм работы АС аудита информационной безопасности промышленного предприятия

Таким образом, применение подобной АС позволит промышленным предприятиям в сжатые сроки решить задачу обеспечения безопасности обрабатываемых конфиденциальных данных.

#### Литература

1. Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных : Постановление Правительства Рос. Федерации от 1 нояб. 2012 г. № 1119.
2. О коммерческой тайне : Федерал. закон от 29 июля 2004 г. № 98-ФЗ.
3. Голембиовская, О. М. Формализация подходов к обеспечению защиты персональных данных, обрабатываемых в информационных системах : монография / О. М. Голембиовская, М. Ю. Рытов, К. Е. Шинаков. – Брянск : БГТУ, 2014. – 189 с.

## ГОЛОСОВАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА

П. А. Меньшаков

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

Научный руководитель И. А. Мурашко

### Принцип голосовой идентификации

Сам процесс голосовой идентификации не требователен к ресурсам и состоит из двух этапов. Сначала необходимо получить голосовой отпечаток пользователя и преобразовать к виду, в котором его можно будет сравнить с другими. Вторым шагом является сравнение голосовых отпечатков при помощи обученной нейронной сети. Для реализации процесса преобразования необходимо произвести определенный порядок действий.

При помощи микрофона получается запись голоса идентифицируемого и отправляется на ЭВМ. Наиболее оптимальным является получение WAV файла ввиду простоты работы с ним.

Полученную запись голоса необходимо разделить на кадры. Разделение на кадры представлено на рис. 1. Данное действие необходимо для более простой работы с записанной звуковой дорожкой.

Далее все вычисления будут производиться с каждым кадром в отдельности.

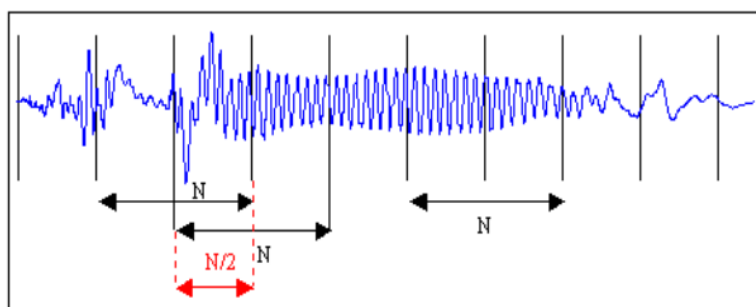


Рис. 1. График звуковой волны

Следующим этапом является устранение нежелательных эффектов и шумов. Это необходимо для того, чтобы записи, полученные в разное время, соответствовали друг другу независимо от сторонних факторов. Существует множество способов, при помощи которых можно уменьшить шумовые эффекты. Нами использовалось умножение каждого кадра на особую весовую функцию «Окно Хемминга»:

$$\omega(n) = 0,53836 - 046164 \cdot \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), \quad (1)$$

где  $n$  – порядковый номер элемента в кадре, для которого вычисляется новое значение амплитуды;  $N$  – длина кадра (количество значений сигнала, измеренных за период).

Полученные кадры преобразуются в их частотную характеристику при помощи прогонки через быстрое преобразование Фурье:

$$X_k = \sum_{i=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{2\pi i}{N} kn}, \quad (2)$$

где  $N$  – длина кадра (количество значений сигнала, измеренных за период);  $x_n$  – амплитуда  $n$ -го сигнала;  $X_k$  –  $N$ -комплексных амплитуд синусоидальных сигналов, слагающих исходный сигнал.

На сегодняшний день наиболее успешными являются системы распознавания голоса, использующие знания об устройстве слухового аппарата. Они базируются на том, что ухо интерпретирует звуки нелинейно, а в логарифмическом масштабе. Ввиду данных особенностей необходимо привести частотную характеристику каждого кадра к «мелам». Зависимость представлена на рис. 2.

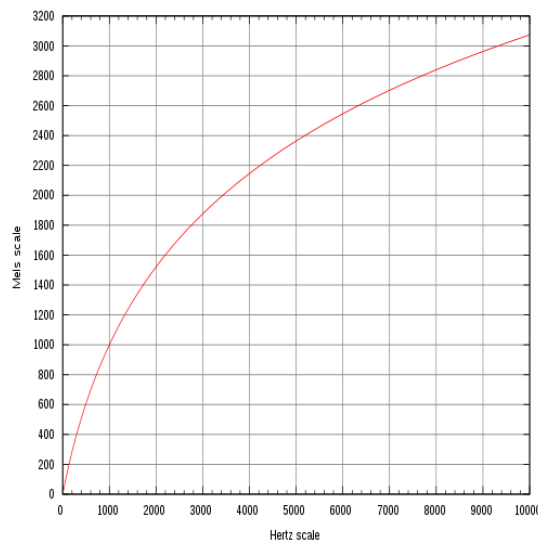


Рис. 2. График зависимости высоты звука (в мелах) от его частоты

Для перехода к «мел» характеристике используется следующая зависимость:

$$m = 1127 \log_e \left( 1 + \frac{f}{700} \right), \quad (3)$$

где  $m$  – частота в мелах;  $f$  – частота в герцах.

Это последнее действие, необходимое для последующего преобразования в вектор характеристики, который впоследствии сравнивается с базой голосовых записей. Вектор будет состоять из мел-кепстральных коэффициентов, получить которые можно по следующей формуле:

$$c_n = \sum_{k=1}^K (\log S_k) \left[ n \left( k - \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{K} \right], \quad (4)$$

где  $c_n$  – мел-кепстральный коэффициент под номером  $n$ ;  $S_k$  – амплитуда  $k$ -го значения в кадре в мелах;  $K$  – наперед заданное количество мел-кепстральных коэффициентов  $n \in [1, K]$ .

Полученный вектор характеристик добавляется в базу данных для последующего сравнения с ним.

Однако более оптимальным вариантом является использование нескольких записей одного и того же голоса. Заранее определенное количество образцов голоса можно использовать для обучения нейронной сети.

В работе использовалось обучение безучителя, так как оно является намного более правдоподобной моделью обучения в биологической системе. Развитая Кохоненом и многими другими, она не нуждается в целевом векторе для выходов и, следовательно, не требует сравнения с предопределенными идеальными ответами, а обучающее множество состоит лишь из входных векторов. Обучающий алгоритм подстраивает веса сети так, чтобы получались согласованные выходные векторы, т. е. чтобы предъявление достаточно близких входных векторов давало одинаковые выходы. Процесс обучения, следовательно, выделяет статистические свойства обучающего множества и группирует сходные векторы в классы. Предъявление на вход вектора из данного класса даст определенный выходной вектор [3].

Распространение сигнала в такой сети происходит следующим образом: входной вектор нормируется на 1.0 и подается на вход, который распределяет его дальше через матрицу весов  $W$ . Каждый нейрон в слое Кохонена вычисляет сумму на своем входе и в зависимости от состояния окружающих нейронов этого слоя становится активным или неактивным (1.0 и 0.0). Нейроны этого слоя функционируют по принципу конкуренции, т. е. в результате определенного количества итераций активным остается один нейрон или небольшая группа. Этот механизм называется латеральным. Так как отработка этого механизма требует значительных вычислительных ресурсов, в моей модели он заменен нахождением нейрона с максимальной активностью и присвоением ему активности 1.0, а всем остальным нейронам 0.0. Таким образом, срабатывает нейрон, для которого вектор входа ближе всего к вектору весов связей.

Если сеть находится в режиме обучения, то для выигравшего нейрона происходит коррекция весов матрицы связи по формуле

$$w_n = w_m + \alpha(x - w_m), \quad (5)$$

где  $w_n$  – новое значение веса;  $w_m$  – старое значение;  $\alpha$  – скорость обучения;  $x$  – величина входа.

Так как входной вектор  $x$  нормирован, т. е. расположен на гиперсфере единичного радиуса в пространстве весов, то при коррекции весов по этому правилу происходит поворот вектора весов в сторону входного сигнала. Постепенное уменьшение скорости поворота позволяет произвести статистическое усреднение входных векторов, на которые реагирует данный нейрон.

Однако имеется несколько проблем. Первая – выбор начальных значений весов. Так как в конце обучения вектора весов будут располагаться на единичной окружности, то в начале их также желательно нормировать на 1.0. В нашей модели вектора весов выбираются случайным образом на окружности единичного радиуса.

Вторая – если весовой вектор окажется далеко от области входных сигналов, он никогда не даст наилучшего соответствия, всегда будет иметь нулевой выход, следовательно, не будет корректироваться и окажется бесполезным. Оставшихся нейронов может не хватить для разделения входного пространства сигналов на классы. Для

решения той проблемы предлагается много алгоритмов, в работе применяется правило «работать»: если какой либо нейрон долго не находится в активном состоянии, он повышает веса связей до тех пор, пока не станет активным и не начнет подвергаться обучению. Этот метод позволяет также решить проблему тонкой классификации: если образуется группа входных сигналов, расположенных близко друг к другу, с этой группой ассоциируется и большое число нейронов Кохонена, которые разбивают ее на классы.

#### Литература

1. Bosi, M. Introduction to digital audio coding and standards / M. Bosi, R. E. Goldberg – Springer Science + Business, Media USA, 2003. – 434 p.
2. You, Y. AudioCoding: Theory and Applications / Y. You. – NY : Springer, 2010. – 349 p.
3. Загуменнов, А. П. Компьютерная обработка звука / А. П. Загуменнов. – М. : ДМК, 1999. – 384 с.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФИНИЦИАЛЬНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ЦВЕТА В ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДАХ

И. И. Матюш, Е. Н. Гуляко, А. Г. Демидович

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Научный руководитель Е. Н. Савкова

В рамках государственной программы научных исследований «Электроника и фотоника» (подпрограмма «Фотоника 2015», задание 2.1.15 «Разработка методов и средств метрологического обеспечения лазерной и оптоэлектронной техники») осуществляется разработка нового направления – колориметрии высокого разрешения как методологии и междисциплинарной области многомерных фотометрических и колориметрических измерений, основанных на цифровой регистрации объектов и компьютерной обработке их изображений. Данная методология позволит решить задачи, связанные с установлением допусков при контроле цветности источников света, а также несамосветящихся объектов. В настоящее время допусковые области (бины, оптибины) проработаны для источников света «белого» спектра – светотехнического оборудования транспортных средств и светодиодов, посредством бинирования (выделение двумерных искривленных областей на графике цветностей). Так, для сортировки «белых» светодиодов стандартом ANSI\_ANSLG C78.377 предусмотрено бинирование на восемь областей, определяющих номинальные значения цветовой температуры абсолютно черного тела (жирная линия на рис. 1, проходящая через точку  $E$  на графике цветностей). В увеличенном виде бины, находящиеся на данной линии, представляющие собой проекции координат цвета в цветовом пространстве, показаны на рис. 2 [1]. Бинирование же «цветных» светодиодов пока не предусмотрено [2].

Цель данной работы – определить дефинициальную неопределенность результата измерения цвета в программно-аппаратных средах как геометрическое место точек в трехмерном цветовом пространстве, характеризующую наименьшую область охвата, достижимую при измерении.



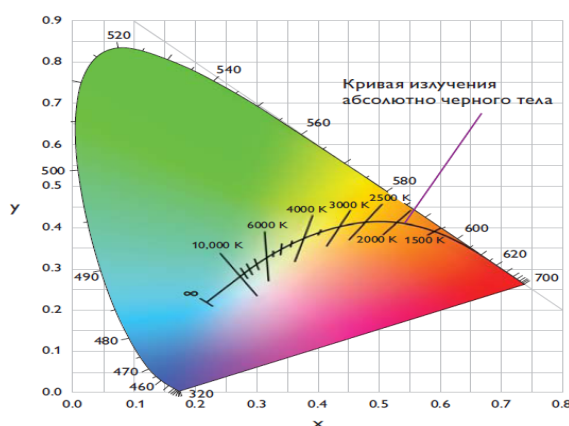


Рис. 1. Кривая излучения абсолютно черного тела в цветовом пространстве XYZ

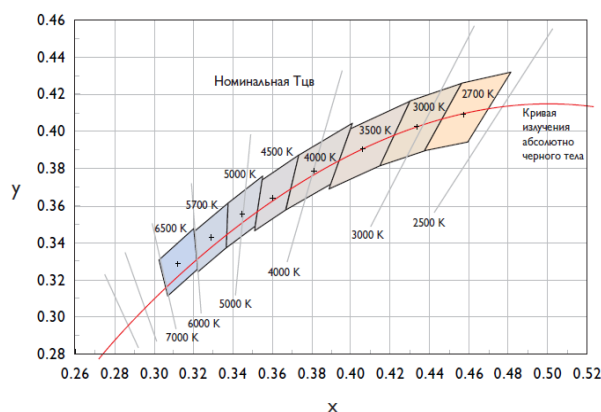


Рис. 2. Бины на кривой излучения абсолютно черного тела в пространстве XYZ

### Бинирование цветового пространства численными методами

Результат измерения представляет собой набор показателей [3]: 1) оценку у выходной векторной величины  $Y = (Y_1, \dots, Y_n)^T$ ; 2) соответствующую величине  $Y$  ковариационную матрицу  $U$ ; 3) вероятность охвата  $p$ ; а значит, требуется определить область охвата  $R_Y$  в  $m$ -мерном пространстве, которая содержит  $Y$  с вероятностью охвата  $p$ . Согласно разрабатываемой методологии многократная регистрация объекта с пошагово увеличивающимся временем экспозиции позволяет «перемещаться» вдоль векторов от начала координат «0» до плоскости цветового локуса (линий светлоты) путем определения координат цвета сначала в пространстве  $RGB$ , а затем в  $XYZ$ , и тем самым решать проблему ограничения динамических диапазонов и цветовых охватов цветопроизводящих устройств; а также осуществлять бинирование в хроматических областях не только на плоскости графика цветностей, но и в пространстве. Предельный случай бинированного пространства может быть получен посредством его разбиения на сектора в зависимости от требований нормативных документов и возможностей современных измерительных систем (включая их программное обеспечение). Так, вдоль цветового локуса (кривая  $xyz$  на рис. 3) выбран шаг, равный длине волны 1 нм, что соответствует действующим стандартам, описывающим спектральные функции сложения (например, ГОСТ 25024.7), и таким образом получим 300 разбиений. Вдоль алигны (линия  $xz$ ) – 30 разбиений, вдоль вектора

светлоты – 256 разбиений. Кроме того, предусмотрено разбиение пространства посредством проведения пяти эквидистантных поверхностей второго порядка, повторяющих форму границ цветового тела пространства. Упрощенно данный процесс показан на рис. 4.

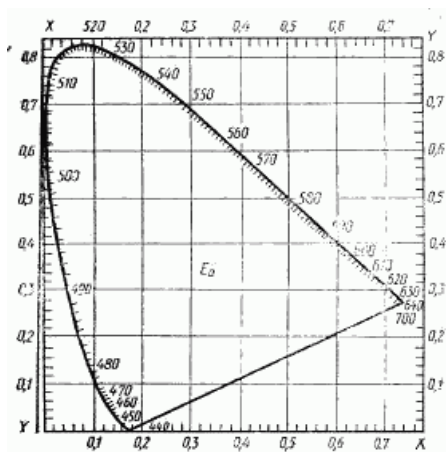


Рис. 3. Цветовой график системы МКО

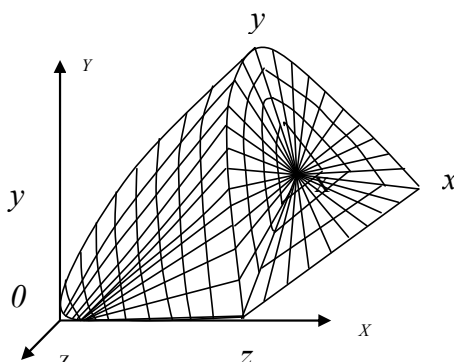


Рис. 4. Бинированное пространство методами колориметрии высокого разрешения

Максимальное количество пространственных секторов, которое можно получить в результате такого разбиения, – 11520000. Принимая объем цветового тела пространства  $XYZ$  равным 1, найдем усредненный объем одного сектора  $u_{def} \approx 8,7 \times 10^{-8}$ , где  $u_{def}$  – дефинициальная неопределенность.

#### **Факторы дефинициальной неопределенности**

Согласно [4] дефинициальная неопределенность – составляющая неопределенности измерения, являющаяся результатом ограниченной детализации в определенной измеряемой величины. В настоящее время действуют десять не противоречащих друг другу определений цвета как ощущения и векторной величины, обладающей значительной дефинициальной неопределенностью, основными факторами которой являются в основном методические составляющие – несовершенство моделей зрительных восприятий, включая кривую видности, феномены зрения и модели хроматической адаптации; модели цветовых пространств и гамутов цветопередающих устройств, а также алгоритмы обработки цифровых изображений, влекущие за собой

неизбежные потери количественной информации, а следовательно, и точности при дискретизации, квантовании, кодировании, декодировании.

На основе анализа рассмотренных факторов, используя для их группирования классификацию, приведенную в [5], предложена модель дефинициальной неопределенности (рис. 5).

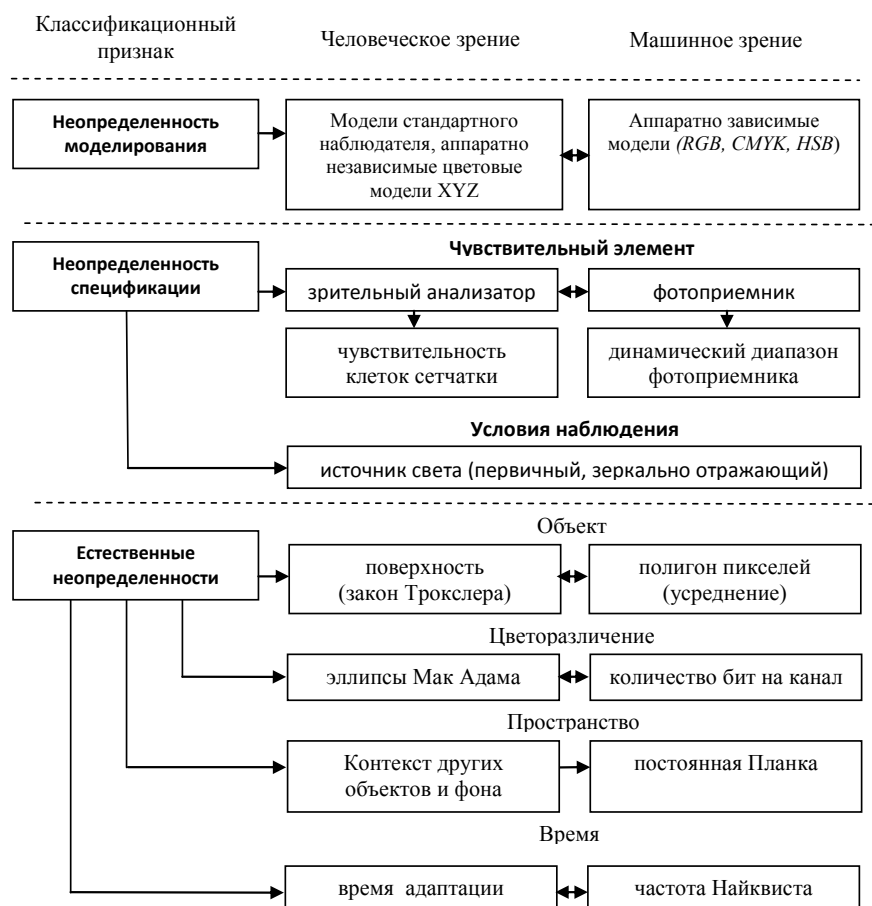


Рис. 5. Колориметрическая модель дефинициальной неопределенности

Данная модель показывает взаимосвязи факторов дефинитивной неопределенности для человеческого и машинного зрения и отчасти объясняет проблему невысокой воспроизводимости цвета в программно-аппаратных средах.

#### Литература

1. ANSI/ANSI C78.377-2011 Specifications for the Chromaticity of Solid State Lighting Products.
2. Вейнерт, Д. Светодиодное освещение. Принципы работы, преимущества и области применения : справочник. – Philips, 2010.
3. ГОСТ Р 54500.3.1-2011. Неопределенность измерения. Ч. 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. Доп. 1. Трансформирование распределений с использованием метода Монте-Карло.
4. ISO/IEC Руководство 99:2007. Международный словарь по метрологии – Основные и общие понятия и соответствующие термины.
5. Захаров, И. П. Теория неопределенности в измерениях : учеб. пособие / И. П. Захаров, В. Д. Кукуш. – Харьков : Консум, 2002. – 256 с.

Научное издание

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

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

**Гомель, 23–24 апреля 2015 года**

Ответственный за выпуск Н. Г. Мансурова

В авторской редакции

Компьютерная верстка: Н. Б. Козловская, Е. Б. Ящук

Подписано в печать 10.09.15.

Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 61,84. Уч.-изд. л. 51,87.

Тираж 50 экз. Заказ № 235/38.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Издательский центр

Учреждение образования «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