

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ “МЭИ”
АКАДЕМИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ НАУК
АССОЦИАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОТДЕЛОВ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ (АМО)
РОССИЙСКО-КИРГИЗСКИЙ КОНСОРЦИУМ ТЕХНИЧЕСКИХ
УНИВЕРСИТЕТОВ

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА

ДВАДЦАТЬ ТРЕТЬЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ

2 - 3 марта 2017 г.
МОСКВА

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ТОМ
2



МОСКВА

Издательский дом МЭИ

2017

УДК 621.3+621.37[(043.2)]

Р 154

Мероприятие проводится при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Проект № 17-38-10024-мол_з

Р 154 Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Двадцать третья Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов (2—3 марта 2017 г., Москва): Тез. докл. В 3 т. Т. 2. М.: Издательский дом МЭИ, 2017. — 404 с.

ISBN 978-5-383-01077-8

ISBN 978-5-383-01079-2 (Том 2)

Помещенные во втором томе сборника тезисы докладов студентов и аспирантов российских и зарубежных вузов освещают основные направления современной электротехники, электромеханики и электротехнологии.

Сборник предназначен для студентов, аспирантов, преподавателей вузов и инженеров, интересующихся указанными выше направлениями науки и техники.

В отдельных случаях в авторские оригиналы внесены изменения технического характера. Как правило, сохранена авторская редакция.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Роголёв Н.Д. — ректор, председатель Оргкомитета

В.К. Драгунов — проректор по научной работе, сопредседатель

Т.А. Степанова — проректор по учебной работе, сопредседатель

Е.В. Бычкова — научный сотрудник кафедры АЭП, ответственный секретарь

С.А. Цырук — помощник проректора по научной работе

А.Е. Тарасов — начальник отдела международных связей

С.А. Грузков — директор ИЭТ

И.Н. Мирошникова — директор ИРЭ

А.В. Дедов — директор ИТАЭ

П.А. Бутырин — директор ИЭЭ

В.П. Лунин — директор АВТИ

С.А. Серков — директор ЭнМИ

С.В. Захаров — директор ИПЭЭф

А.Ю. Невский — директор ИнЭИ

А.С. Федулов — директор филиала МЭИ в г. Смоленске

М.М. Султанов — директор филиала МЭИ в г. Волжский

С.А. Абдулкеримов — директор филиала МЭИ в г. Душанбе

Н.И. Файрушин — директор Энергетического колледжа (филиал МЭИ)

в г. Конаково

ISBN 978-5-383-01077-8

ISBN 978-5-383-01079-2 (Том 2)

© Авторы, 2017

© Национальный исследовательский университет «МЭИ», 2017

Направление
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА,
ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА
И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

Научный руководитель направления —

директор ИЭТ, к.т.н.,
профессор С.А. Грузков

Секция 20

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ

*Председатель секции — к.т.н., доцент С.В. Ширинский
Секретарь секции — ст. преподаватель В.И. Гончаров*

*Wu Chenxi, Master student
(NCEPU, Beijing, China – MPEI, Moscow, Russia)*

RESEARCH ON SMALL SIGNAL STABILITY OF LARGE SCALE WIND POWER INTEGRATION

With the depletion of fossil energy, wind power, one of the most mature renewable energy, has been widely used around the world. One key issue of wind farm integration is how to ensure the small-signal stability of the electric power system.

Wind turbine's generator units can be divided into three types: constant speed generator, doubly fed induction generator (DFIG) and permanent-magnet synchronous generator (PMSG). First one uses mechanical gear box, which provides constant output shaft speed at various wind conditions, while others work under variable speed determined by changing wind conditions. Currently, because of low utilization of wind power, constant speed generator is out of stage, so the research focus has shifted to the integration of variable speed wind turbines. My research is establishing a typical small power system model, then calculating the impact of DFIGs and PMSGs connection to power system on grid small-signal stability and exploring which parameters of variable speed generator have the greatest influences.

Wind turbines affect the small-signal stability of power grid through three aspects. The first way is placing the original synchronous generator, changing the mode of mechanical and electrical oscillation of the system. The second way is wind power integration changing power system flow distribution, influencing small-signal stability. The third way is wind turbines interacting with other synchronous machines in the system, which affects the system's low-frequency power oscillation damping. My research is to evaluate the size of the impact of each three aspects and to analyze which one plays the most important role and should be scrutinized further.

«МНОГОКОНТУРНЫЙ» АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ

Экономичное использование вырабатываемой электрической энергии является актуальной проблемой. Существенную часть электроэнергии, свыше 40 %, потребляют асинхронные двигатели (АД), работающие, в частности, в динамических режимах. Эта доля в связи с интенсивностью производственных процессов непрерывно возрастает. Экономичность использования электроэнергии связана с проблемой повышения коэффициента мощности, являющегося наряду с коэффициентом полезного действия основной энергетической характеристикой АД. В настоящее время ведутся поисковые работы по созданию асинхронной машины с автокомпенсацией реактивной мощности при условии многоконтурности статорных обмоток, реализующих вместе с ротором функцию генерирования и возврата обратно в сеть реактивной мощности.

В программном комплексе макро моделирования АД при рассмотрении машины как многоконтурной системы проводятся исследования методов расчетного и экспериментального определения параметров, характеризующих работу машины. Программная среда позволяет реализовывать различные режимы нагрузки, напряжения питания, включая, помимо синусоидального напряжения, прямоугольно-ступенчатое с заданным числом высших гармонических. При этом учет энергетических показателей в динамике осуществляется на основе алгоритмов, использующих мгновенные значения токов и напряжений. Выражение для определения мгновенного значения полной мощности имеет следующий вид:

$$s(t) = \left[\sum_{k=1}^m u_k^2(t) \sum_{k=1}^m i_k^2(t) \right]^{\frac{1}{2}},$$

где $u_k(t)$, $i_k(t)$ — мгновенные значения напряжения и тока в фазе k ; m — число фаз.

Анализ режимов работы АД, в которых работа при номинальной нагрузке чередуется с различными динамическими режимами, свидетельствуют о целесообразности введения динамических энергетических показателей, приобретающих особое значение при проектировании энергосберегающих двигателей, работающих в интенсивных динамических режимах.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИНХРОННОГО РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ С АНИЗОТРОПНОЙ МАГНИТНОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ РОТОРА

Простота конструкции и высокая надежность в работе синхронных реактивных двигателей всегда привлекала внимание ученых и инженеров. К настоящему времени разработано значительное число различных конструкций таких двигателей [1]. Одна из конструкций предложена инженерами ОАО «НИПТЭМ» (г. Владимир), а именно синхронные реактивные двигатели с анизотропной магнитной проводимостью ротора (СРД с АМПР).

В настоящее время количество информации в данной области существенно уступает объему изученного в области машин других типов: асинхронных, синхронных, вентильно-индукторных [2]. В связи с этим актуальной является задача исследования синхронного реактивного двигателя с анизотропной магнитной проводимостью ротора с целью должным образом изменить вращающий момент, действующий на ротор при рациональном изменении конфигурации ротора.

В работе представлен анализ, проведенный на базе полевого расчета методом конечных элементов, влияния конфигурации ротора на вращающий момент в СРД с АМПР (110 кВт, 1000 об/мин). В ходе исследования было замечено, что изменение толщины ребер-перемычек влияет на величину максимального вращающего момента. При уменьшении их толщины максимальный вращающий момент возрастает, а при увеличении их толщины — падает. Таким образом, благодаря внесению небольших корректировок в конструкцию ротора СРД с АМПР, можно добиться необходимого вращающего момента.

Проведенное исследование способствует накоплению информации в области СРД с АМПР, что в свою очередь позволит улучшить качество проектирования данных двигателей.

Литература

1. **Постников И.М., Ралле В.В.** Синхронные реактивные двигатели // Техніка. 1970. 148 с.
2. **Захаров А.В.** Перспективы технического применения синхронных электродвигателей с анизотропной магнитной проводимостью ротора // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии. 2015. С. 124—127.

А.И. Евсинейкина, студ.; рук. В.И. Гончаров, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ЛИНЕЙНЫЕ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИНХРОННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Линейные электрические машины возвратно-поступательного действия находят все более широкое применение в различных специальных электроприводах и электрогенерирующих установках. В частности, в технической литературе последнего десятилетия довольно часто упоминаются установки с непосредственным присоединением линейной электрической машины к штоку цилиндра двигателя внутреннего или внешнего (двигателя Стирлинга) сгорания [1]. Обычно в качестве генераторов такого типа рассматриваются цилиндрические линейные машины с внутренним индуктором, на котором размещены постоянные магниты, и с внешним статором, в пазах которого находится якорная обмотка, составленная из кольцевых катушек. Гораздо реже рассматривается плоская линейная машина, хотя она может быть технологичнее при сборке и, кроме того, при плоской конструкции проще выполнить двусторонний статор, что позволяет заметно повысить удельную мощность машины. Практически не рассматриваются также цилиндрические машины с двусторонним статором.

Целью работы являются сравнение различных вариантов конструкции линейных электрических машин (генераторов) на основе электромагнитных расчетов, сравнение различных способов расположения и намагничивания постоянных магнитов индуктора, включая так называемую сборку Хальбаха, оценка влияния зубцовых пульсаций электромагнитной силы на характеристики генераторов, расчет переходных процессов при заданном законе изменения линейной скорости индуктора.

В качестве основного критерия для сравнения выбрано отношение средней за период полезной мощности к массе подвижной части генератора, основным методом исследования — конечно-элементное моделирование.

Предварительные исследования проведены на двухмерных конечно-элементных моделях, основные размеры которых были найдены по разработанной на основе классической теории синхронных машин оптимизационной модели.

Литература

1. **Линейные** электрические машины возвратно-поступательного действия – области применения. Вопросы электромеханики / В.Б. Баль, В.Я. Геча, В.И. Гончаров и др. // Труды ВНИИЭМ. 2015. Т. 149. Вып. 6.

*В.А. Ерохин, студ.; рук-ли В.И. Гончаров, ст. преп.;
Е.В. Ежов, вед. инж., (НИУ «МЭИ»)*

МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ВНЕШНИМ РОТОРОМ

Магнитоэлектрические синхронные двигатели в последнее время находят широкое применение в качестве силовых элементов электропривода транспортных средств различного назначения. Объясняется это тем, что при использовании современных высококоэрцитивных постоянных магнитов в таких машинах достигаются высокие удельные мощности. Повышение удельной мощности за счет снижения массы достигается обычно также повышением частоты питания до сотен Гц. Эта тенденция хорошо сочетается с повышением полюсности машин и, как следствие, с переходом к конструкции с внешними роторами [1].

Как правило, в технической и рекламной литературе приводятся только некоторые основные данные двигателей подобного рода: габаритные размеры, частоты вращения, масса, некоторые энергетические показатели. Подробности конструкции, обмоточные данные и параметры схемы замещения обычно не приводятся.

Целью выполняемой работы являются составление аналитического обзора по двигателям рассматриваемого типа, разработка конечно-элементных моделей на основе литературных данных, разработка методики расчета характеристик по результатам конечно-элементного моделирования, исследование и оптимизация конструкции двигателя мощностью порядка 10 кВт.

Исследование на конечно-элементных моделях включает в себя оценку влияния характерных размеров поперечного сечения двигателя на его характеристики, оценку влияния свойств материалов, оценку зубцовых пульсаций момента и разработку рекомендаций по их снижению, а также проведение испытаний опытного образца.

Литература

1. [Электронный ресурс]. URL: [Официальный сайт фирмы Rotex.](#)

А.Ю. Зимин, асп.; рук. А.Ю. Смирнов, д.т.н.
(НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород)

К РАСЧЕТУ ОДНОИМЕННО-ПОЛЮСНЫХ ИНДУКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ШАГОВОГО ПРИВОДА

В системах позиционирования получили применение индукторные двигатели с расположением на роторе кольцевых постоянных магнитов, создающих поток возбуждения в аксиально-радиальном направлении.

Традиционный подход к проектированию предполагает определение базисных размеров двигателя: диаметра ротора и длины воздушного зазора через электромагнитные нагрузки: линейную A и индукцию в зазоре B_δ . Однако при таком подходе не учитываются инерционные параметры привода.

Для оптимальной работы в шаговом приводе необходимо, чтобы моменты инерции привода $J_{пр}$ и ротора двигателя J_p находились в рамках соотношения [1]

$$J_{пр} = (1 \div 2) J_p = \beta J_p. \quad (1)$$

Это условие можно учесть, если диаметр ротора D определять как функцию отношения его длины к диаметру λ :

$$D = \sqrt{\frac{J_{пр}}{765,8MC\beta \left[\left(1 - \frac{2,26}{Z} \right)^4 (1 - k_z) + k_z \right] \lambda}}, \quad (2)$$

где $C = \frac{0,637}{k_B k_{об} k_{м\delta} A B_r}$; M — потребляемый электромагнитный момент, Н·м;

B_r — индукция холостого хода постоянного магнита с линейной характеристикой размагничивания по индукции, причем принято, что $B_\delta = B_r/2$; $k_{м\delta}$ — коэффициент учета количества секций n_m с одним магнитом и двумя зубчатыми магнитопроводами с его торцов; k_z — ширина зуба по отношению к зубцовому делению; k_B , $k_{об}$ — коэффициенты формы поля и обмоточный соответственно. Численные значения множителей в (2) определены автором исходя из рациональных пропорций для размеров ротора этого типа индукторной машины.

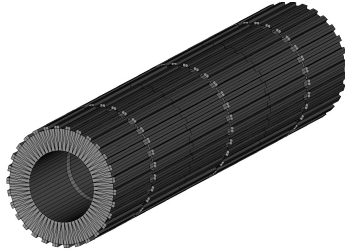


Рис. 1. Ротор индукторной машины с тремя секциями

Достоинство использования (2) состоит в возможности согласования моментов инерции привода и двигателя путем подбора количества секций. При меньшем моменте инерции привода будет спроектирован двигатель с меньшим диаметром ротора, но с большим числом секций n_M (рис. 1).

Литература

1. **Смирнов А.Ю., Зимин А.Ю.** Проектирование одноименно-полюсных индукторных двигателей с постоянными магнитами на роторе // *Электричество*. 2015. № 2.

ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ ЛИНЕЙНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ В ПРИВОДЕ ОТКРЫВАНИЯ ДВЕРЕЙ

В большинстве рабочих механизмов, имеющих рабочий орган с поступательным или возвратно-поступательным движением, используют вращающиеся электрические машины. При этом необходимо использовать сложные кинематические передачи. Наличие передаточного механизма снижает КПД всей системы в целом. Наиболее целесообразным в таких системах является использование линейных двигателей.

В приводе открывания дверей используются двигатели вращательного типа и довольно сложные механизмы передачи. Однако целесообразно в этом случае использовать линейные двигатели, в частности цилиндрические линейные асинхронные двигатели (ЦЛАД). Особенности этих двигателей связаны с разомкнутостью магнитопровода и большим воздушным зазором.

Синхронная скорость линейного двигателя определяется выражением $v = 2\tau f$. Не представляется возможным получить требуемую скорость изменением величины полюсного деления. Поэтому единственный способ регулирования скорости — питать двигатель от частотного преобразователя.

Аналитический расчет характеристик ЦЛАД удобно проводить по схеме замещения, представленной на рис. 1 [1]. Из схемы замещения можно получить выражения для расчета рабочих характеристик.

Однако аналитический расчет не учитывает разомкнутость магнитопровода и большой воздушный зазор. Для точного расчета параметров и характеристик ЦЛАД необходимо использовать полевые методы расчета, в частности можно использовать программу FEMM. В программе FEMM можно не только проводить исследования характеристик, но и оценить влияние полюсности двигателя и других его конструктивных особенностей. Поэтому дальнейшее направление работы будет связано с использованием программы FEMM.

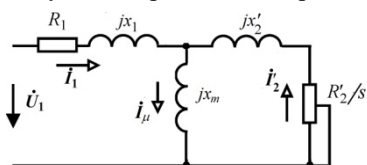


Рис. 1. Схема замещения

Литература

1. Соколова Е.М., Мошинский Ю.А. Цилиндрические линейные асинхронные двигатели. М.: Издательство МЭИ, 1998.

*С.Н. Игнатьев, В.О. Князев, студенты;
рук. А.С. Иванов, к.т.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)*

ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ОБМОТОК ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ

Для мощных турбогенераторов, как ни для каких других сильно нагруженных электрических машин, необходимо постоянство теплового баланса. Высокие электромагнитные нагрузки приводят к большим потерям энергии в обмотках статора. Поэтому для эффективного отбора тепла в крупных электрических машинах применяются системы с непосредственным водяным охлаждением.

На основании статистики [1] выявлено, что в 10 % случаев причинами нарушений в работе турбогенераторов являлись дефекты системы охлаждения, обусловленные процессами коррозии медных проводников в дисциплите.

Среди неполадок системы охлаждения выделяются:

- закупорка полого проводника стержня продуктами коррозии;
- коррозионные язвы и прободение полого проводника стержня;
- истирание внутренней поверхности проводников стержня посторонними ферромагнитными предметами.

Данные процессы приводят к ускоренному старению изоляции вследствие увеличения температуры обмотки и авариям (межвитковым и межфазовым коротким замыканиям) с последующим выходом из строя турбогенератора.

Одним из способов защиты от коррозии является модификация поверхностей полых медных проводников поверхностно-активными веществами (ПАВ). ПАВ, адсорбируясь на поверхности металлов, образуют защитный слой [2]. Наряду с весьма высокими ингибирующими свойствами ПАВ способствуют эффективному удалению отложений с защищаемых поверхностей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-00726 мол_а.

Литература

1. **Самородов Ю.Н.** Причины и последствия аварий и отказов турбогенераторов // Энергия единой сети. 2014. № 2 (13). С. 70—80.

2. **Технология** защиты (консервации) теплоэнергетического оборудования от атмосферной коррозии на период монтажа и длительных простоев / [Электронный ресурс]. URL: <http://src-w.ru/tehnologiya-zashhityi-konservaczii-teploenergeticheskogo-oborudovaniya-ot-atmosfernoj-korrozii-na-period-montazha-i-dlitelnyx-prostoev.html> (дата обращения: 04.10.2016).

М.В. Каплин, студ.; рук. Т.Т. Амбарцумова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Одним из важных технико-экономических показателей качества технических устройств и систем является надежность, т.е. способность безотказно работать с заданными техническими характеристиками в определенных условиях эксплуатации в течение заданного времени. Электрическая машина является либо основным, либо одним из основных узлов большинства технических систем [1].

Сочетание формулы Любалина, по которой определяется средняя наработка до отказа, и частотного анализа вибрации агрегатов позволит улучшить надежность и выявить наиболее ненадежные элементы.

Современные средства диагностирования вибрационного состояния электрических машин позволяют выявить дефект на стадии зарождения, определить его величину и скорость прогрессирования [2].

Возможно создание систем стационарного слежения, которые могли бы не только сигнализировать о наличии дефектов, но и количественно определять время работы агрегата до аварии.

Для этого необходимо разработать базу данных характерных частот неисправностей электрических двигателей, которая в дальнейшем могла бы использоваться в экспертном модуле стационарных систем [3].

Работа автора заключается в исследовании характерных частот неисправностей электрических двигателей и их систематизации, внедрении прогнозирования времени работы до отказа в систему стационарного слежения, построении алгоритма работы системы, а также ее схематичного конструирования. Предлагаются варианты практического внедрения данной системы.

Литература

1. **Кузнецов Н.Л.** Надежность электрических машин: учебное пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2006.
2. **Рандалл Р.Б.** Частотный анализ. Дания: К. Ларсен и сын А/О ДК 2600 Глоstrup, 1989.
3. **Исакович М.М.** Устранение вибраций электрических машин. М.: Энергия, 1969.

СИФОННАЯ ПРИПЛОТИННАЯ МИКРОГЭС

Современное развитие энергетики в России характеризуется ростом стоимости производства электроэнергии. Особенно это наблюдается в местах, где прокладка электросетей экономически нецелесообразна.

В условиях богатства территории РФ водными ресурсами одним из путей решения проблемы дефицита электроэнергии является использование систем малой гидроэнергетики.

В рамках программы по возобновляемым источникам энергии в НИУ «МЭИ» разработана и создана экспериментальная установка сифонной приплотинной микроГЭС, на которой моделировались процессы запуска сифона, выхода на номинальный режим, а также работа на автономную нагрузку и параллельно с сетью.

В микроГЭС была реализована схема работы автономного асинхронного генератора с преобразователем частоты (ПЧ) и источником бесперебойного питания (рис.1). Это решение дало возможность использования одной электрической машины для запуска и генерации, обойдясь без традиционной системы запуска сифона с помощью отдельного вакуумного насоса.

Полученные в настоящей работе результаты экспериментального исследования показали, что применение в составе генератора ПЧ позволяет с одной стороны, осуществлять плавный пуск без бросков тока и перенапряжений, а с другой, — обеспечить работу турбины на максимальной мощности, выдавая на выходе напряжение постоянного тока 380 В.

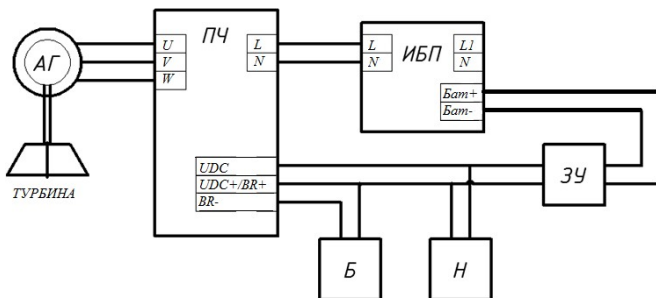


Рис. 1. Схема автономного асинхронного генератора с преобразователем частоты и источником бесперебойного питания: ЗУ — звено управления; АГ — асинхронный генератор; ПЧ — преобразователь частоты; ИБП — источник бесперебойного питания; Б — балласт (тормозной резистор); Н — полезная нагрузка

Д.С. Корнилов, ст. преп.; рук. Ю.Б. Казаков, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОРЦЕВОГО МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ АВТОНОМНОЙ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Низкоскоростные торцевые генераторы с постоянными магнитами (ТГПМ) используются в автономных безредукторных гидроэлектростанциях и ветроэлектрических установках. В настоящее время авторами разработаны модель совместного расчета электромагнитных, тепловых и аэродинамических полей в генераторе в трехмерной постановке и система проектирования генератора, объединяющая проектный расчет по оригинальному алгоритму и поверочный электромагнитный расчет на конечно-элементной параметрической модели. Завершающим этапом исследования ТГПМ стали лабораторные испытания генераторов для проверки адекватности разработанных моделей и подтверждения обоснованности предложенных рекомендаций, направленных на повышение энергетических и массогабаритных показателей машин.

Объектами испытаний являлись генератор-прототип с номинальными данными $P_2 = 500$ Вт, $n = 750$ об/мин, $U_{\phi} = 21,5$ В и усовершенствованный генератор с номинальными данными $P_2 = 1250$ Вт, $n = 750$ об/мин, $U_{\phi} = 21,5$ В. В серии опытов при постоянном активном сопротивлении нагрузки и переменной частоте вращения определены скоростные нагрузочные характеристики $U = f(n)$ и зависимости $I = f(n)$. По ним рассчитаны внешние $U = f(I)$ и энергетические $P_2 = f(I, n)$ характеристики, а также зависимости $X_d = f(I, n)$. Проведены опыты нагрузки генераторов на неуправляемый выпрямитель с целью оценки искажения фазных напряжений и токов, а также уровня пульсаций выпрямленного напряжения. Результаты расчета и опыта подтвердили высокую точность используемых моделей.

При совершенствовании конструкции генератора оставались неизменными плотность тока в обмотке статора, внешний диаметр сердечника статора, номинальное напряжение, номинальная частота вращения, воздушный зазор между катушкой и магнитом. Следование разработанным рекомендациям (замена ферритовых магнитов на редкоземельные; замена круглого провода обмотки статора на прямоугольный; выполнение обмотки статора относительно небольшим числом витков большого сечения; использование рациональных соотношений размеров активных частей генератора) позволило снизить массу активных материалов генератора на 44 % (с 10,8 до 6,0 кг) при увеличении номинальной мощности в 2,5 раза. Результаты сравнения экспериментальных данных исследуемых генераторов подтвердили обоснованность данных рекомендаций.

РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРОШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В электромеханических устройствах процесс преобразования энергии сопровождается рядом явлений, к числу которых относятся шум и вибрация, производимые электрическими машинами. Электромагнитные силы, действующие на статор и ротор, имеют характер вращающихся или пульсирующих силовых волн, их амплитуда и частота зависят от конструктивного исполнения статора и ротора [1].

Электрические машины создают шумовое загрязнение окружающей среды, оказывают негативное влияние на человека. Виброшумовые характеристики электрических машин регламентируются, принимаются меры к их снижению [2]. При питании асинхронного двигателя (АД) от преобразователя частоты (ПЧ) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) напряжения в напряжении присутствует широкий спектр временных гармоник [3].

Для анализа виброшумовых характеристик впервые была создана и использована методика, основанная на базе метода конечно-элементного моделирования в среде ELCUT, в котором решалась связанная задача магнитостатики и механического поля напряжения и деформаций. В результате было выявлено увеличение уровня шумов на 4,6 дБ, что соответствует примерно 5,5 % [4].

Следующим шагом исследования является проведение расчетных исследований виброшумовых характеристик АД при работе от ПЧ с ШИМ напряжения на базе пакета ANSYS MAXWELL. Это позволит получить результаты шумов и вибраций от любого типа (ШИМ) напряжения без использования на конечном этапе расчета аналитических формул и повысить точность расчета при проектировании АД.

Литература

1. **Лазарову Д.Ф., Бикир Н.** Магнитный шум электрических машин и трансформаторов: пер. с рум. М.: Энергия, 1973.
2. **Медведев В.Т., Чебышева О.В.** Борьба с виброакустическим загрязнением окружающей среды: учебное пособие. М.: Издательство МЭИ, 2015. 56 с.
3. **Казаков Ю.Б.** Энергоэффективность работы электродвигателей и трансформаторов при режимных и конструктивных вариациях: учебное пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2013. 152 с.: ил.
4. **Котов А.Б., Казаков Ю.Б.** Полевой подход к анализу виброшумовых характеристик частоторегулируемых асинхронных двигателей / Материалы Междун. научн.-техн. конф. XXII «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». М.: Издательский дом МЭИ, 2016. Том 2. С. 13.

ОЦЕНКА НАГРЕВА ЛИНЕЙНОГО ГЕНЕРАТОРА ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Интегральная силовая установка, состоящая из двигателя внутреннего сгорания со свободным поршнем и линейной электрической машины, рассматривается в настоящее время в качестве альтернативного бортового источника энергии для гибридных транспортных средств.

В обширной литературе по линейным электрическим генераторам рассматриваются в основном конструкции электрических машин с возбуждением от постоянных магнитов, закрепленных на подвижном элементе [1—3]. В связи с этим в настоящем докладе рассматривается линейная электрическая машина с возбуждением от системы призматических постоянных магнитов, размещенных на подвижном элементе, выполненным из магнитомягкого материала.

Для анализа производительности электрической машины были проведены расчеты мощности генератора при различных величинах рабочего хода при фиксированной частоте 50 Гц. При этом рассчитывались потери мощности, выделяемые в обмотке генератора, которые затем были положены в основу тепловых расчетов.

Рассматривались две схемы охлаждения: последовательная, когда трубки с охлаждающей жидкостью, расположенные на дне паза, соединяются последовательно, и параллельная, когда трубки с жидкостью соединяются параллельно. Была составлена программа расчета на основе критериальных уравнений теплообмена [4] в пакете MatLab. Эта программа позволяет сравнить охлаждение различными жидкостями, а также исследовать влияние скорости потока жидкости на величину нагрева. В результате проведенных расчетов установлено, что параллельная схема охлаждения является более предпочтительной, так как она имеет низкий расход охлаждающей жидкости и обеспечивает при этом снижение перегрева обмоток на 10—15 % по сравнению с последовательной схемой.

Литература

1. Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины. М.: Высшая школа, 1985.
2. Boldea I. Variable speed generators // The Electric Generators Handbook. Taylor & Francis Group, 2006.
3. Хитерер М.Я., Овчинников И.Е. Синхронные электрические машины возвратно-поступательного движения. СПб.: КОРОНА принт, 2008.
4. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергоиздат, 1981.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОИСКОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ

Разработка программ поиска вариантов исполнения магнитной системы электромеханических устройств является одним из характерных направлений, открывающихся благодаря разрабатываемому методу организации поиска решений. В данной работе поисковая модель реализуется на примере программы минимизации затрат материалов на создание статора неявнополюсной машины постоянного тока.

Для решения этой задачи в общем виде был создан параметрический генератор конечно-элементной модели, позволяющий при разном сочетании параметров строить модели, существенно отличающиеся друг от друга вплоть до перехода от неявнополюсной конструкции машины к явнополюсной.

Программа поиска решения создает окно для визуального наблюдения за процессом поиска решения, формирует список варьируемых переменных, а затем осуществляет направленный поиск значений варьируемых параметров, которые удовлетворяют условию минимума целевой функции

$$F = \left(V_{\text{мс}} + V_{\text{мяи}} \frac{\Phi_{\delta u}}{\Phi_{\delta}} \right) k_{\text{м}} + \left(V_{\text{сс}} + V_{\text{сяи}} \frac{\Phi_{\delta u}}{\Phi_{\delta}} \right) k_{\text{с}} \quad (1)$$

с полной регенерацией конечно-элементной модели машины на каждом шаге поиска. Здесь $V_{\text{мс}}$ — расход меди в обмотках статора; $V_{\text{мяи}}$ — расход меди в обмотках ротора исходного варианта машины; $\Phi_{\delta u}$ — величина основного потока в номинальном режиме в исходном варианте машины; $V_{\text{сс}}$ — расход стали в статоре; $V_{\text{сяи}}$ — расход стали в роторе исходного варианта машины; $k_{\text{м}}$, $k_{\text{с}}$ — весовые коэффициенты.

Результаты расчета используются в выражении целевой функции вместе со значениями объемов меди и стали для данной конструкции. Поиск решения осуществляется с использованием генетических алгоритмов.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПУСКА ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫХ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

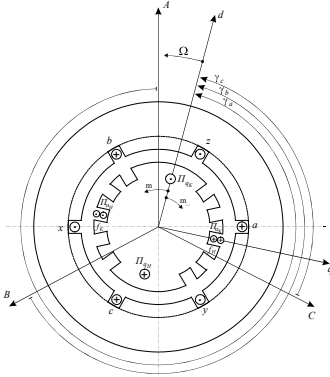


Рис. 1. Электромагнитная схема двигателя

Доклад посвящен исследованиям электромагнитных и электромеханических процессов, возникающих в синхронных двигателях типа СТД электроприводных газоперекачивающих агрегатов в пусковых режимах работы, их особенностям и условиям возникновения.

Для упрощения последующего сравнения результатов теоретических и экспериментальных исследований использовалась система естественных фазовых координат в рамках теории электромеханических преобразователей энергии (ЭМП). Электромагнитная схема, отражающая устройство синхронной машины рассматриваемого типа, с учетом эквивалентных контуров пусковой обмотки ротора соответственно по продольной d и поперечной q осям ротора представлена на рис. 1. Эти контуры учитывают действие вихревых токов в массиве ротора и пазовых клиньев ротора.

Математическая модель на основе обобщенной теории ЭМП [1] с учетом условий пуска имеет вид

$$u_m = \eta i_m + \frac{d\Psi_m}{dt}; \quad (1)$$

$$0 = (r_\Gamma + r_B) \cdot i_B + \frac{d\Psi_B}{dt}, \quad 0 \leq t < t_{\text{синхр}}; \quad (2)$$

$$0 = r_{nd} i_{nd} + \frac{d\Psi_{nd}}{dt}, \quad 0 = r_{nq} i_{nq} + \frac{d\Psi_{nq}}{dt}; \quad (3)$$

$$m - m_{CT} = J \frac{d\Omega}{dt}, \quad m_{CT} = m_{CT}(\omega) = m_0 + m_1 \frac{\Omega}{\Omega_1} + m_2 \frac{\Omega^2}{\Omega_1^2}. \quad (4)$$

Приводятся данные математического моделирования. Наряду с реакторным способом пуска в качестве перспективного предлагается софт-стартерная система пуска.

Литература

1. Кононенко Е.В., Сипайлов Г.А., Хорьков К.А. Электрические машины. М.: Высшая школа, 1987. 279 с.

Е.Г. Михайлова, студ.; рук. В.И. Гончаров, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ МАЛОЙ МОЩНОСТИ НА БАЗЕ ПРОГРАММЫ FEMM

В настоящее время при проектировании электрических машин применяют различные САПР (системы автоматизированного проектирования) с использованием параметризации. Параметризация позволяет за короткое время «проиграть» (с помощью изменения параметров или геометрических соотношений) различные конструктивные схемы и избежать принципиальных ошибок. Конструктор при параметрическом проектировании создает математическую модель объектов с параметрами, при изменении которых происходят изменения конфигурации деталей и их взаимные перемещения в сборке. Существует большое число САПР, заметно отличающихся по стоимости и функциональным возможностям, но в большинстве своем имеющих высокие цены.

Целью работы являются проведение на примере электрической машины малой мощности параметрического моделирования, используя доступную для широкого пользователя программу *FEMM* под управлением программы *Octave*, и тем самым создание достаточно простого программного средства для решения несложных электромеханических задач в учебном процессе.

Проведено сравнение результатов моделирования в системе *FEMM* — *Octave* с результатами, полученными при использовании программы *ANSYS Maxwell* — сравнивалось распределение индукции в зазоре машины постоянного тока малой мощности при холостом ходе. Для моделирования были выбраны одинаковые материалы, геометрия машины, граничные условия, точность вычисления. Результаты были обработаны в программе *Excel*. Полученные графики практически идентичны, незначительные несоответствия можно объяснить различиями в способах построения сетки.

Начальная часть работы выполнена автором во время обучения в Техническом университете Ильменау (Германия).

А.Н. Морозов, асп.; рук. Ю.Б. Казаков, д.т.н., проф. (ИГЭУ, г. Иваново)

ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ НЕСИММЕТРИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПО ВНЕШНЕМУ МАГНИТНОМУ ПОЛЮ

Эффективность работы промышленных и энергетических предприятий зависит от надежной работы электрических машин (ЭМ): синхронных генераторов (СГ) и электрических двигателей. Отказы ЭМ связаны с обмоткой статора, подшипниками, системой охлаждения, железом статора, валом ротора и т.п. Определить виды дефектов ЭМ сложно из-за их комплексного проявления и скрытых причинно-следственных связей.

Выход из строя СГ приводит к штрафам за снижение рабочей мощности и прибыли от реализации электроэнергии. Наиболее высокие штрафы назначаются за первые часы после аварийного отключения СГ. Взыскание уменьшается по мере течения времени с момента аварии. Заблаговременная подача оперативных уведомлений Системному оператору позволила бы экономить от 100 до 1000 тыс. рублей в час при неплановом ремонте. Ущерб предприятий связан с ремонтом ЭМ, браком и недовыпуском продукции, штрафными санкциями на рынке электроэнергии и мощности.

В разных работах [1, 2] измеряют внешнее магнитное поле вокруг ЭМ и проводят спектральный анализ полученного сигнала, по которому может быть определен вид дефекта и оценена степень его развития. Однако экранирование полей корпусом снижает достоверность результатов, отсутствует методика прогнозирования остаточного ресурса, мало исследованы диагностические параметры, характеризующие процессы.

Проблемой является создание комплексного метода диагностики магнитных несимметрий без вывода ЭМ из работы, раннего обнаружения дефектов и прогноза возможной дальнейшей работы ЭМ. К достоинствам метода относится также возможность дифференцирования поврежденных ЭМ: статического эксцентриситета ротора, выработки подшипников, межвитковых и межфазных замыканий, обнаружение виткового замыкания обмотки ротора по магнитному полю торцевой зоны ЭМ. Полезно дальнейшее развитие метода и уточнения диагностических признаков.

Литература

1. Сидельников Л.Г., Афанасьев Д.О. Обзор методов контроля технического состояния асинхронных двигателей в процессе эксплуатации // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2013. № 7.
2. Полищук В.И., Васильева Ю.З. Разработка способа выявления виткового замыкания в обмотке возбуждения синхронной машины // Научное обозрение. 2014. № 12. С. 55—59.

*А.В. Петров, М.К. Седов, соискатели; А.О. Сидоров, асп.;
рук-ли В.Я. Беспалов, д.т.н., проф.; А.А. Виноградов, к.т.н.;
А.В. Шишов, к.т.н.; (НИУ «МЭИ»)*

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА В МАКЕТЕ ФРАГМЕНТА ПЕРВИЧНОЙ ОБМОТКИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТРАНСФОРМАТОРА МЕТОДАМИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

Актуальность создания мощных силовых трансформаторов для АЭС, способных надежно работать в условиях жаркого климата, вызвана быстро возрастающим спросом на строительство атомных электростанций в странах с жарким климатом, таких как страны Азии и Африки, где наблюдается (или прогнозируется) экономический рост, сопровождающийся ростом промышленности, который невозможно полностью обеспечить электроэнергией, вырабатываемой за счет сжигания органического топлива, поскольку парниковый эффект в жарких условиях многократно усиливается и может привести к экологической катастрофе.

Предлагается конструкция высоковольтного высокотемпературного трансформатора (ВВТ), способного надежно работать в жарком климате. Схема движения теплоносителя между витками обмотки трансформатора представлена на рис. 1.

В докладе представлена расчетная модель макета фрагмента первичной обмотки ВВТ. Модель позволяет выполнять расчетный анализ процессов гидродинамики и теплообмена в макете методами вычислительной гидродинамики. Выполнено сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными, полученными в ходе испытаний на макете.

Даны рекомендации для расчетного моделирования теплогидравлических процессов, характерных для ВВТ. Полученные результаты будут использованы при разработке полномасштабной расчетной модели ВВТ.

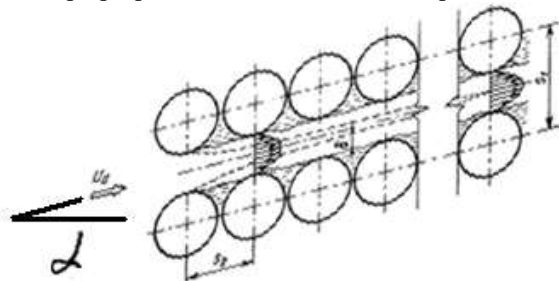


Рис. 1. Схема движения теплоносителя в обмотках трансформатора

А.В. Подобный, студ.; Ю.В. Тамьярова, соиск.;
рук. А.И. Тихонов, д.т.н., проф. (ИГЭУ, г. Иваново)

ДИНАМИЧЕСКАЯ ПОЛЕВАЯ МОДЕЛЬ УНИВЕРСАЛЬНОГО КОЛЛЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Моделирование динамических режимов электрических машин в настоящее время осуществляется с использованием модели магнитного поля. Для построения быстродействующей полевой динамической модели универсального коллекторного двигателя (УКД) использовалась библиотека конечно-элементного моделирования магнитного поля EMLib (рис. 1). По результатам серии полевых расчетов были построены матрицы потокоцеплений $\Psi_f(i_a)$ и $\Psi_a(i_a, \alpha)$ соответственно обмотки возбуждения (ОВ) и обмотки якоря (ОЯ) от тока якоря i_a и угла поворота якоря в пределах зубцового деления α . Данные матрицы аппроксимировались сплайнами, по которым брались частные производные. Система дифференциальных уравнений УКД имеет вид

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial(\Psi_f + \Psi_a)}{\partial i_a} + L_{fл} + L_{ал} & \frac{\partial \Psi_a}{\partial \alpha} & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{di_a}{dt} \\ \frac{d\alpha}{dt} \\ \frac{d\omega}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u - i_a R_f - i_a R_a \\ \omega \\ \frac{M - M_B}{J} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где u — напряжение сети; $R_f, R_a, L_{fл}, L_{ал}$ — сопротивления и индуктивности лобового рассеяния ОВ и ОЯ; i_a — ток ОЯ; ω — угловая скорость якоря; M, M_B — электромагнитный момент и момент на валу.

Кривые пуска УКД представлены на рис. 2.

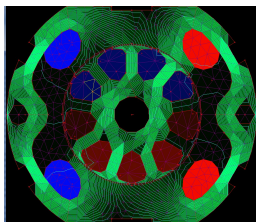


Рис. 1. Конечно-элементная модель УКД

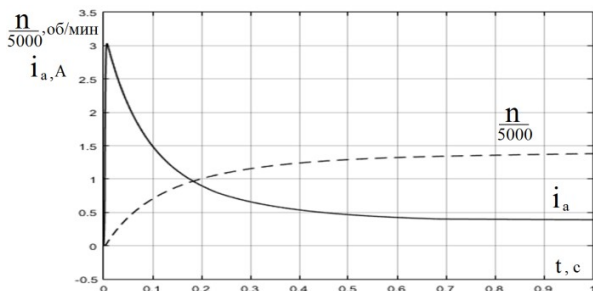


Рис. 2. Результаты пуска УКД

*М.В. Профьев, студ.; рук. А.И. Тихонов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В СИНХРОННОМ ГЕНЕРАТОРЕ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Синхронные машины с постоянными магнитами в наши дни получают все большее распространение благодаря их высоким эксплуатационным характеристикам в диапазоне малых и средних мощностей. Синхронный генератор с постоянными магнитами конструктивно прост и не имеет потерь на возбуждение.

Современные способы проектирования электромеханических устройств опираются на полевые расчеты. Подобные вычисления не могут быть проведены без участия компьютерной техники. Существуют программные комплексы, такие как ELCUT, ANSYS Maxwell, где исследуемая область рассчитывается методом конечных элементов.

В настоящее время ведется работа по созданию параметрического генератора конечно-элементной модели магнитного поля синхронного генератора с постоянными магнитами на роторе с помощью библиотеки MKEUNIT.dll [1]. Модель строится автоматически по списку параметров, полученных из системы проектирования данного класса машин.

Библиотека MKEUNIT.dll интегрирована в табличный процессор MSExcel, в котором реализован программный код параметрического генератора конечно-элементной модели. Программный код написан на языке Visual Basic. Он формирует по заданному алгоритму описания графических примитивов (отрезки, дуги окружностей), подобластей и обмоток, из которых состоит расчетная область, представляющая собой плоскопараллельное или плоскомеридианное сечение устройства [2]. Главное достоинство библиотеки в том, что при изменении параметров машины нет необходимости вручную перестраивать конечно-элементную модель. Построенную таким образом модель планируется использовать при расчете угловой характеристики и исследовании различных режимов работы данного типа генераторов.

Литература

1. **Тихонов А.И., Булатов Л.Н.** Платформенезависимая библиотека конечно-элементного моделирования магнитного поля / Свид. о гос. регистрации прогр. для ЭВМ. М.: ФСИСПТЗ. № 2011614852. Заявка № 2011613040, приоритет от 28.04.2011, Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 22.06.2011.

2. **Тихонов А.И., Казаков Ю.Б.** Программирование численного эксперимента с использованием конечно-элементной модели магнитного поля в объектах электромеханики. Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2008.

Д.Ю. Розанов, студ.; рук. В.П. Шишкин, к.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)

МАГНИТНЫЙ ШУМ УНИВЕРСАЛЬНОГО КОЛЛЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Одной из важнейших проблем универсального коллекторного двигателя является шум.

Для снижения вибраций рекомендуется пазы якоря скашивать на одно пазовое деление, применять неравномерный воздушный зазор под полюсами, обеспечивать возможно более плотное прилегание полюсов к станине, обеспечивать хорошее крепление катушек на полюсах [1].

Магнитный шум рассчитывался с использованием уточненного значения индукции, полученного при моделировании двигателя в ANSYS Maxwell 14.0 - 2DDesign, использовалась двухмерная модель универсального коллекторного двигателя.

Задаемся исходными данными двигателя, такими как мощность (1000 Вт), значения индукции (уточненные в ANSYS Maxwell), размеры двигателя, массы всех его частей.

Расчет состоит в определении магнитных сил и моментов гармоник ($k = 1, 3, 5$) по продольной и поперечной осям. Далее рассчитываются жесткости, собственные частоты, коэффициенты динамичности. И в конце рассчитывается уровень звукового давления составляющих спектра магнитного шума на расстоянии одного метра [2]:

$$L_1 = 20Lg\left(\frac{D_a}{2}|f_0|A_{sk}\right) - L_{p2} - L_{p3} - 20\lg\lg(l_a 10^{-3} + 1) + 68. \quad (1)$$

В итоге с учетом частотной характеристики шумомера получается, что магнитный шум универсального коллекторного двигателя составляет 39,974 дБ.

Литература

1. **Кучер В.Я.** Вибрация и шумы электрических машин: Письменные лекции. СПб.: СЗТУ, 2004. 81 с.
2. **Вопросы** электромеханики / В.А. Воронкин, В.Я. Геча, Э.А. Городецкий и др. // Методы проектирования малощумных электрических машин: Труды «НПП ВНИИЭМ». Т. 103. М., 2006. 174 с.

А.О. Сидоров, асп.; М.К. Седов, соиск.; рук. В.Я. Беспалов, д.т.н., проф.; конс-ты А.А. Виноградов, к.т.н.; А.В. Шишов, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРА

Применяемые на АЭС высоковольтные трансформаторы должны обеспечивать непрерывную подачу питания к энергоблокам как в нормальном, так и в аварийном режиме работы. В условиях жаркого климата работоспособность таких трансформаторов должна быть обеспечена при температуре, превышающей 60 °С. Решить подобную проблему возможно благодаря созданию принципиально нового трансформатора с использованием конусной обмотки, охлаждаемой жидким диэлектриком.

Для моделирования тепловых процессов, происходящих в подобном трансформаторе, была изготовлена установка, представляющая собой секцию конусной обмотки в масштабе подобия, равном семи, источника питания и высоковольтных вводов. В качестве жидкого диэлектрика использовано трансформаторное масло. К обмотке подводилось питание, соответствующее номинальному режиму и режиму короткого замыкания (рис. 1). Измерения температур на разных участках установки проводились с помощью специально изготовленных термопар хромель-капель, тарированных с использованием ртутного термометра.

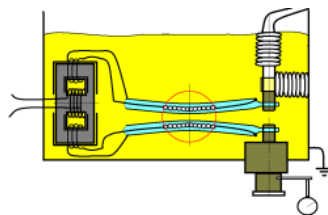


Рис. 1. Схема установки эксперимента

При подогреве обмотки с помощью источника питания возникала естественная циркуляция жидкого диэлектрика. Напряжение на электродах устанавливалось до 60 кВ. Таким образом, была проведена имитация пробы жидкого диэлектрика. Температура трансформаторного масла изменялась от 20 до 300 °С.

По результатам измерений найдены теплофизические характеристики трансформаторного масла, определен коэффициент теплоотдачи, а также подтверждена работоспособность трансформатора.

Л.А. Сикини, студ.; рук. В.А. Кузьмичёв, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА ТУРБОГЕНЕРАТОРА МОЩНОСТЬЮ 25 МВт ДЛЯ ГЕОТЭС АКИИРА I

Кения является развивающейся страной, спрос на электроэнергию в которой постоянно растет. Наиболее перспективным источником энергии в Кении являются геотермальные электростанции (ГеоТЭС). Сейчас установленная мощность ГеоТЭС Кении составляет 593 МВт, к 2030 г. она должна составить 5 530 МВт.

В данной работе спроектирован турбогенератор для ГеоТЭС Акиира I. Установленная мощность ГеоТЭС Акиира I должна составить 70 МВт с возможностью расширения до 140 МВт. На этой ГеоТЭС предполагается установить три турбогенератора с воздушным охлаждением мощностью 25 МВт с номинальным напряжением 10,5 кВ и частотой вращения 1500 об/мин.

Проектирование турбогенератора было выполнено по методике, приведенной в [1]. Результаты проектирования были верифицированы путем моделирования в программном комплексе Maxwell. В частности, с использованием данного комплекса было проведено моделирование магнитного поля в режимах холостого хода и активно-индуктивной нагрузки (рис. 1), построены характеристики холостого хода, внешние и регулировочные.

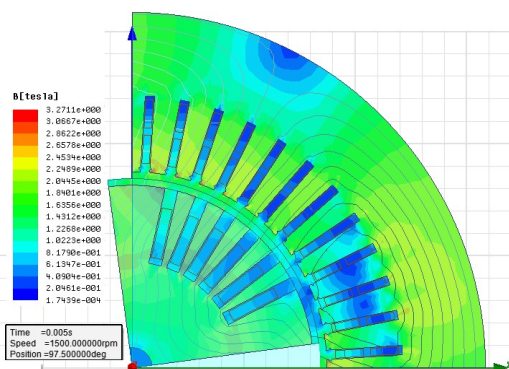


Рис. 1. Картина магнитного поля

Литература

1. Извеков В.И. Проектирование турбогенераторов. М.: Издательство МЭИ, 2005.

А.С. Страхов, асп.; Е.М. Новосёлов, С.Н. Литвинов, соискатели;
рук. А.А. Скоробогатов, к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS В ЦЕЛЯХ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОБОТКИ РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

При разработке методов контроля технического состояния асинхронных двигателей (АД) важным вопросом является выбор пороговых значений (ПЗ) диагностических параметров, которые характеризуют наличие неисправностей. Неверное их определение приводит к принятию ошибочных решений. В связи с этим вопросы определения ПЗ диагностических параметров АД являются актуальными.

В работе для их определения предлагается использовать модель, разработанную в программе ANSYS Maxwell, которая позволяет проводить расчеты переходных и установившихся режимов АД на их математической модели. В качестве параметра, по величине которого предлагается проводить оценку состояния обмотки ротора, используется удельная средняя мощность сигнала (УСМС) индукции внешнего магнитного поля, состоящего из гармонических составляющих, называемых гармониками от «фиктивной обмотки ротора» (ФОР) [1]. Значение УСМС $P_{\text{ср.ФОР}}$ может определяться по равенству Парсевалю, а пороговое значение по выражению

$$P_{\text{порог}} = 0,7 \cdot P_{\text{ср.ФОР.мод}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{порог}}$ — пороговое значение УСМС гармоник ФОР, мТл²; $P_{\text{ср.ФОР.мод}}$ — значение УСМС гармоник ФОР для модели двигателя с одним оборванным стержнем, мТл².

Для проверки возможности применения описанного метода определения ПЗ были проведены испытания АД мощностью 250 Вт на экспериментальном стенде, а также на выполненной модели этого двигателя в программе ANSYS Maxwell. Анализ результатов на физической и математической моделях показал, что они достаточно близки друг к другу, а значение УСМС для АД с одним оборванным стержнем существенно превышает ПЗ, в то время как УСМС исправного АД существенно ниже ПЗ.

Таким образом, в работе была показана эффективность применения программы ANSYS для целей контроля технического состояния АД.

Литература

1. Скоробогатов А.А. Анализ спектра магнитного поля в зазоре асинхронного двигателя при повреждении обмотки ротора // Вестник ИГЭУ. 2006. Вып.2. С. 75—78.

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИННОВАЦИОННОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ВЭУ И ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

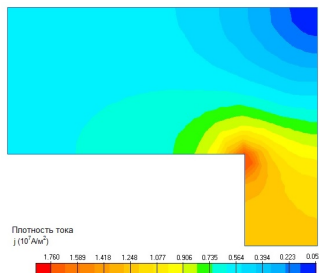


Рис. 1. Распределение плотности тока в проводнике переменного сечения

В последнее время возрос интерес к экологическим проблемам: от их решения напрямую зависит качество жизни. Многочисленные национальные программы определяют интенсивное развитие экологически чистых электроэнергетических и гибридных транспортных силовых установок. Повышение их эффективности может достигаться изменением конструкции статора электрических машин. Например, размеры статора кардинально уменьшены в низковольтной асинхронной машине с короткозамкнутыми обмотками статора и ротора, управляемой электронным блоком [1].

В докладе рассмотрены особенности построения математической модели инновационной электрической машины [2] (защищена 4 патентами РФ). Лобовые части обмотки [3] ее статора существенно уменьшены за счет переменного сечения проводов. Основной особенностью моделирования является необходимость исследования влияния на параметры машины изменения плотности тока в участках проводников обмотки статора (рис. 1).

Автором выбрана математическая модель, проведено моделирование, обработаны результаты моделирования растекания токов в проводниках переменного сечения, проведена оценка влияния на параметры генератора изменения плотности тока в проводах обмотки. Полученные результаты имеют перспективы применения в электротехнических устройствах с проводниками переменного сечения.

Литература

1. ISCAD — Electric High Performance Drive for Individual Mobility at Extra-Low Voltages / A. Patzak, F. Bachhebt, A. Baumgardt et al. // SAE Int. J. Alt. Power. 2016. 5(1): 148-156. doi:10.4271/2016-01-1179.
2. Грачёв П.Ю., Горбачёв Е.Е., Табачинский А.С. Перспективы применения инновационных генераторов переменного тока в автономных ВЭУ // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 5 (20). С. 356—364.
3. Grachev P.Yu., Gorbachev E.E., Tabachinskiy A.S. Power converters with compact winding SCIGs for HEVs, micro hydroelectric power station and wind turbines // International Conference for Industrial Engineering Proceedings, Elsevier, 2016.

Е.И. Тиминская, М.А. Афанасьев, студенты;
 рук. В.С. Осипов, к.т.н., доц. (СамГТУ, г. Самара)

СПОСОБ РАСЧЕТА ОСНОВНОГО ПАРАМЕТРА СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Асинхронные двигатели, как правило, имеют каталожные данные, при этом неизвестны параметры его схемы замещения. Существует признанная Т-образная электрическая схема замещения АД, в которой должны выполняться законы Кирхгофа и равенство активных и реактивных мощностей, потребляемых из сети и рассчитанных по схеме замещения. Совершенных методов расчета параметров схем замещения нет. В [1] реактивная мощность, потребляемая из сети, на 30 % отличается от рассчитанной для схемы замещения.

После преобразований уравнения механической характеристики (формулы Клосса) можно получить уравнение критического скольжения. На основании уравнений электромагнитного и максимального моментов также выводится уравнение критического скольжения.

Приравняв правые части этих уравнений, после преобразования получим уравнение третьего порядка

$$a(C_1 R_2')^3 + b(C_1 R_2')^2 + c(C_1 R_2') + d = 0, \quad (1)$$

$$\text{где } a = \frac{1}{s_H^2 (A_1 - R_1)^2}; \quad b = -\left(\frac{4R_1(k_{\max} - 1)}{s_H (A_1 - R_1)^2} + \frac{2k_{\max}}{s_H (A_1 - R_1)} \right);$$

$$c = \frac{4R_1^2(k_{\max} - 1)^2}{(A_1 - R_1)^2} + \frac{4R_1(k_{\max} - 1)k_{\max}}{A_1 - R_1} + 1; \quad d = -2s_H R_1(k_{\max} - 1).$$

Здесь $A_1 = \frac{3U_{1H}^2}{2C_1 k_{\max} P_{ЭМ}}$; $C_1 = 1,02—1,06$ — отношение номинального на-

пряжения U_{1H} к ЭДС цепи намагничивания E_{m0} в режиме идеального холостого хода; R_1 — активное сопротивление обмотки статора; s_H — номинальное скольжение двигателя; $P_{ЭМ}$ — электромагнитная мощность; k_{\max} — отношение максимального (критического) момента к номинальному.

Уравнение (1) раскладывается на простые множители

$$G(p) = (cp + 1)(q_0 p^2 + q_1 p + 1) = 0, \quad (2)$$

затем определяется $C_1 R_2' = 1/c$. Приведенный способ позволяет точнее определить приведенное сопротивление ротора R_2 .

Литература

1. Качин С.И., Чернышёв А.Ю., Качин О.С. Электрический привод: учебно-методическое пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010.

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ «УМНОГО ДОМА»

В каждом современном здании (доме) в той или иной степени функционирует большое количество оборудования, обеспечивающего быт, комфорт, уют, связь и безопасность, помогающего отдохнуть и создающего полноценную рабочую среду. Удобство управления этими системами, возможность слаженно работать вместе, увеличивая тем самым функциональность каждой из них в отдельности, — все это и приводит к появлению нового понятия – «умный дом».

Под термином «умный дом» сейчас понимают интеллектуальную систему управления, которая объединяет в единый комплекс все оборудование, решающее различные задачи в сфере обеспечения безопасности, жизнеобеспечения, развлечений и связи. Любая система «умного дома» состоит из датчиков, через которые поступает информация, и исполнительных устройств.

Одно из главных достоинств интеллектуальных зданий — это комфорт, который они обеспечивают своим жильцам. Управление освещением дома и придомовой инфраструктурой позволяет создавать различные варианты световых сцен, любые комбинации в зависимости от времени суток и настроения одним нажатием на кнопку.

Еще одно неоспоримое достоинство «умного» дома – это система безопасности. Причем системы автоматизации продуманы так, что предполагают защиту от любой чрезвычайной ситуации. Во-первых, они обеспечивают защиту от вторжения с помощью камер видеонаблюдения, автоматизацию дверей, ворот, рольставней, охранной сигнализации. Во-вторых, нет практически ни единого шанса пожара – оставленные включенными утюг, щипцы или духовка будут вовремя выключены, а в случае любого возгорания или задымления сработает пожарная сигнализация. Система контролирует расход воды, электроэнергии, тепла.

Существенной частью интеллектуальных систем умного дома являются различные электромеханические системы, которые выполняют роль исполнительных механизмов. Именно они и являются объектом дальнейшего исследования.

Предварительный обзор строительного объекта с системой «умный дом» выявило возможные направления в развитии данной системы с использованием электромеханических преобразователей энергии. В дальнейшем планируется усовершенствовать имеющиеся или разработать новые электромеханические системы, которые способны обеспечить удобство в квартире или доме.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРОВ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ НА ФОРМУ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЗАЗОРЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ

Важным вопросом при проектировании электрических машин с постоянными магнитами является выбор способа установки постоянных магнитов и их размеров. Известны и применяются различные способы установки магнитов на индуктор, такие как, например, использование радиально или тангенциально намагниченных магнитов и сборка Хальбаха [1].

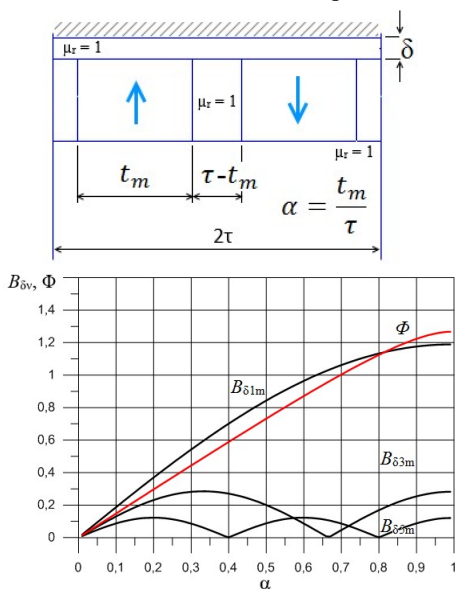


Рис. 1. Зависимость потока Φ и гармонических составляющих индукции $B_{\delta v}$ от отношения ширины магнита t_m к полюсному делению τ ; δ — воздушный зазор; v — номер гармоники

В данной работе на конечно-элементной модели рассчитывалось магнитное поле в воздушном зазоре электрической машины при разных конфигурациях постоянных магнитов на индукторе. Проводился гармонический анализ нормальной составляющей магнитной индукции вдоль средней линии воздушного зазора и рассчитывался магнитный поток на полюсном делении. Были построены зависимости основной и высших гармоник индукции в зазоре от отношения характерного размера магнита к по-

люсному делению. Проведен анализ и сравнение полученных зависимостей. Пример полученной зависимости приведен на рис. 1.

Рассматривались конфигурации магнитных систем с односторонним и двусторонним воздушным зазором с радиально и тангенциально намагниченными магнитами, а также сборка Хальбаха на немагнитной втулке и ферромагнитной втулке.

Авторами были предложены и исследованы варианты сборки Хальбаха с сонаправленными и разнонаправленными магнитами для двухстороннего воздушного зазора.

Полученные результаты могут и должны быть приняты во внимание при проектировании электрических машин с постоянными магнитами с целью выбора оптимальной для выбранного типа машины конфигурации постоянных магнитов и их размеров.

Литература

1. **Halbach K.** Design of permanent multipole magnets with oriented rare earth cobalt material // Nuclear Instruments and Methods. 1980. 169: 1–10.

К.В. Шумов, студ.; рук. А.А. Кирякин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМЫХ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК В ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) являются быстроразвивающимся сегментом на рынке квазиспутниковых систем, в которых крайне важными параметрами являются надежность и портативность. Надежность определяется используемыми материалами. Они должны быть легкими и достаточно прочными, чтобы выдержать полетные нагрузки и, что важнее, нагрузки во время приземления. Портативность БПЛА достигается использованием модульных конструкций. В связи с этим выросла потребность в электрических двигателях с улучшенными массогабаритными свойствами, что приводит к увеличению линейной нагрузки и, следовательно, к нагреву активных частей машин, в которых будут использованы материалы, удовлетворяющие требованиям надежности.

Однако существует большое количество типов электрических машин закрытого исполнения, в которых по ряду причин невозможно создать искусственную циркуляцию охлаждающей среды. Это, прежде всего, некоторые типы электрических микромашин, а также электрических машин специального назначения.

Оценка теплового режима двигателей будет проводиться путем определения и анализа теплового поля и теплового потока с использованием цифровых и аналитических методов расчета [1].

Исследование заключается в определении максимально допустимых плотностей тока и тепловых нагрузок в различных видах электродвигателей, применяемых в беспилотных летательных аппаратах, а также в подборе оптимальной конструкции и способа охлаждения активных частей машин БПЛА.

По результатам исследований тепловых полей были получены данные тепловых нагрузок и их зависимости от линейной нагрузки электродвигателей.

Литература

1. **Осин И.Л.** Синхронные электрические двигатели малой мощности: учебное пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2006.

Я.А. Яссин, студ.; рук. С.В. Ширинский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ С ПОМОЩЬЮ ПОЛЕВЫХ РАСЧЕТОВ

Современные программы полевых расчетов позволяют с высокой точностью анализировать магнитное поле в электрических машинах и даже рассчитывать режимы работы электрических машин. Однако такие расчеты являются очень ресурсоемкими и их целесообразно выполнять на заключительном этапе проектирования новой машины, когда высокая точность расчета позволяет исключить создание и исследование опытного образца. На этапе эскизного проектирования и особенно на этапе оптимизации конструкции электрической машины лучше применять аналитические модели, которые в силу принятых допущений позволяют использовать цепные методы расчета, что значительно упрощает и ускоряет расчет каждого варианта. При этом аналитические модели базируются на традиционных параметрах электрических машин, таких как активные и реактивные сопротивления. Для повышения точности аналитических моделей в случае анализа электрических машин нетрадиционных конструкций целесообразно использовать простые полевые модели для расчета параметров, которые затем будут использованы в аналоговой модели для расчета режима работы машины.

Применительно к линейной электрической машине возвратно-поступательного действия с постоянными магнитами и обмоткой с дробным q предполагается использовать полевой расчет для определения индуктивностей и индуктивных сопротивлений само- и взаимной индукции фаз, а также для расчета потокоцеплений и ЭДС, создаваемых движущейся системой постоянных магнитов.

В качестве основной программы полевого расчета используется пакет программ ANSYS Maxwell. Это современное, высокопроизводительное программное обеспечение для моделирования двумерных и трехмерных электромагнитных полей. Математическая основа ANSYS Maxwell — метод конечных элементов, задача которого заключается в нахождении единственно возможного распределения электромагнитного поля в заданной расчетной области при указанных граничных условиях и заданном возбуждении.

ANSYS Maxwell позволяет не только рассчитывать статические и гармонические электромагнитные и электрические поля, но также переходные процессы в полевых задачах. Пользователю предоставляется огромный инструментарий и современный постпроцессор для расчета и оптимизации электромеханических устройств на базе анализа виртуальной модели.

Секция 21

ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И КОМПОНЕНТОВ

*Председатель секции — зав. каф. ФТЭМК, д.т.н.,
профессор С.В. Серебрянников
Секретарь секции — к.т.н., доцент В.К. Шеметова*

*А.В. Байдаков, студ.; рук-ли А.Г. Корякин, асс.;
Ю.Т. Ларин, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

КОМПЛЕКС МЕР ДЛЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ НА АЭС

Современные оптические кабели (ОК) при эксплуатации в специальных областях техники должны обеспечивать бесперебойную работу не только при эксплуатации, но и при аварийных ситуациях, возникающих при воздействии различных внешних факторов. Авария на АЭС «Фукусима-1» в Японии заставила пересмотреть ряд требований по монтажу и эксплуатации ОК во всем мире.

Прокладка ОК на АЭС происходит главным образом в трубах и в специальных кабельных коробах, из этого следует, что ОК может подвергнуться не только механическим воздействиям от кабелей, проложенных рядом, но и сейсмическим и вибрационным воздействиям непосредственно от коробов и труб, в которых ОК проложен. Серьезное внимание должно быть уделено и пожарной безопасности ОК.

В работе рассматриваются испытания ОК на сейсмостойкость, вибростойкость для ОК основных типов, применяемых на АЭС [1]. Рассмотрены и испытаны основные типы кабельной арматуры российских и зарубежных фирм изготовителей.

При испытаниях на сейсмостойкость и вибростойкость ОК использовался вибростенд, дающий возможность задавать частоту и амплитуду ускорения колебаний в пределах от 3 до 3000 Гц. Для измерения оптических характеристик (прирост затухания оптического волокна) до и после испытаний были использованы измерители оптической мощности ИД-2-3.

Основной перечень проведенных испытаний на сейсмостойкость выполнен по методике МИ 16.00-186-2012 (Испытания оптических кабелей на сейсмостойкость), разработанной и апробированной ОАО «ВНИИКП».

Приведены результаты по указанной методике основных типов ОК для АЭС, дан сравнительный анализ с кабелями, которые испытывались ранее по ГОСТ 30 546.1—98. Получены зависимости относительного удлинения оболочек оптических кабелей после эксплуатации на АЭС. Разработаны рекомендации и технические карты для производства ОК для АЭС.

Литература

1. **Корякин А.Г., Ларин Ю.Т., Холодный С.Д.** Сейсмостойкие оптические кабели // Кабели и провода. 2011. № 3.

*Ю.Ю. Бакланова, асп.; В.М. Котов, К. Тсучия, А.С. Сураев,
И.Л. Тажибаева, В.А. Витюк, соискатели;
рук. А.В.Ситников, д.т.н., проф. (АлтГТУ им. И.И.Ползунов, г. Барнаул)*

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ БЕРИЛЛИЯ, ОБЛУЧЕННОГО В ЯДЕРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Использование бериллия в атомных реакторах приводит к наработке радиоактивных отходов в бериллии. После нескольких лет выдержки облученного бериллия основными радионуклидами являются ^{60}Co и ^3H .

Количество бериллия, используемого в ядерно-энергетических установках мирового парка, оценивается в 30—40 тонн. Промышленная технология переработки облученного бериллия отсутствует, и в настоящее время он хранится в виде радиоактивных отходов.

В рассматриваемой технологии обеспечивается взаимодействие бериллия с хлором с последующей очисткой хлорида бериллия от радионуклидов. Очистка ведется в два этапа: хлорид кобальта осаждается на фильтрующих элементах, контактирующих с потоком хлорида бериллия за счет разницы в температурах фазового перехода, а хлорид трития соосаждается с соляной кислотой, образованной в ходе взаимодействия остатков хлора в потоке хлорида бериллия с водородом.

В связи с тем, что в литературных источниках отсутствовали данные по скорости взаимодействия бериллия с хлором, было разработано и испытано два варианта реакционной камеры: хлоратор циклического действия и прямоточного [1].

В экспериментах с циклическим хлоратором были получены данные о том, что скорость взаимодействия реагентов в диапазоне рабочих температур достаточно высокая, что позволило упростить конструкцию. Установка была модернизирована, и показаны преимущества прямоточной схемы хлоратора.

В результате выполненных работ была достигнута высокая степень очистки облученного бериллия от радионуклидов трития и кобальта-60 [2].

Литература

1. **Котов В.М., Бакланова Ю.Ю.** Устройство для получения хлорида бериллия из облученного бериллия и способ его работы. Инновационный патент: (19) KZ (13) A4 (11) 30017, (51) G21F 9/28 (2006.01) МЮ РК. Описание к изобретению к инновационному патенту (21) 2014/0122.1, (22) 04.02.2014, (45) 15.06.2015, бюл. № 6.

2. **Отчет** о НИР «Исследования эффективности очистки облученного бериллия от радиоактивных нуклидов» / В.М. Котов, Ю.Ю. Бакланова, В.А. Витюк и др. № Госрегистрации 0112 РК00797, инв. №0215РК00146, гос. Инв. №0215РК00146, Курчатов, 2014. 31 с.

И.В. Ворников, студ.; рук. А.Г. Корякин, асс. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОГНЕСТОЙКИХ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

В последние годы возникла острая необходимость в создании пожаро-безопасных и огнестойких оптических кабелей (ОК). Все это обусловлено повышением мер безопасности в местах массового скопления людей, а также ужесточением норм безопасности на предприятиях. С учетом замены медных кабелей связи на оптические важным становится вопрос создания новых и безопасных ОК.

Оптические кабели имеют определенные преимущества перед электрическими кабелями. В отличие от медных кабелей связи оптические кабели не могут быть источниками возгорания, так как внутри них нет очагов локальных перегревов, возможности образования коротких замыканий и пр. Тем не менее, при наличии внешнего источника зажигания горючие материалы в конструкции оптических кабелей могут способствовать распространению горения по всей длине кабельной трассы. Как показывает статистика, возгорание электрооборудования и электроустановок в большинстве случаев происходит от кабельных изделий.

Выделение продуктов горения и тления оболочек кабелей при пожаре ведет к химическому отравлению людей и выводу из строя аппаратуры.

Цель работы заключалась в разработке и проверке разработанных конструкций оптических кабелей на нераспространение горения, огнестойкость, плотность дымо-, газовыделения, радиационную стойкость и стойкость к солнечному излучению. Для изготовления разных типов огнестойких и пожаробезопасных оптических кабелей были подобраны современные отечественные и зарубежные компаунды. Получены физико-механические характеристики изоляции ОК до и после термического старения. Были разработаны методы расчета горения оптических кабелей на основе характеристик элементов конструкций с целью снижения возможности возникновения пожаров из-за распространения пламени по оптическим кабелям.

Все полученные результаты использованы в разработке теоретической и практической базы для создания и применения огнестойких оптических кабелей в системах безопасности на специальных объектах, таких как атомная и гидроэнергетика.

С.О. Гарькавый, асп.; рук. В.Л. Матухин, д.ф.-м.н., проф.
(КГЭУ, г. Казань)

ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРОВ ЯМР Cu ПРИРОДНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МИНЕРАЛОВ ХАЛЬКОПИРИТОВ

В последнее время повышенный интерес проявляется к изучению электрофизических свойств полупроводниковых минералов, в частности к свойствам известного минерала халькопирита CuFeS_2 [1]. Выполненное нами исследование заключается в сравнительном изучении спектров ЯМР $^{63,65}\text{Cu}$ в локальном поле образцов халькопирита, имеющих океаническое и континентальное происхождение. В ходе работы были исследованы четыре образца. Два образца континентального происхождения, полученные из Талнахского месторождения, месторождения в районе города Сибай, а также два образца океанического происхождения, полученные из месторождений Срединно-Атлантического хребта (месторождения «Победа» и «Семенов-2»). Образцы представляли собой порошки с размером зерен 0,1—1 мм. Измерения проводились на многоимпульсном спектрометре ЯМР Testmag-Redstone. Спектры ЯМР $^{63,65}\text{Cu}$ (ядерный спин обоих изотопов $I = 3/2$) в локальном поле для всех четырех образцов халькопирита были получены при температуре 300 К. В спектре каждого из исследованных образцов обнаружилось по шесть резонансных линий, характеристики которых соответствуют линиям халькопирита. Основной особенностью наблюдаемых спектров образцов, имеющих океаническое происхождение, являлось уширение резонансных линий, которое может быть связано с отклонением состава океанических образцов халькопирита от стехиометрического, что влечет за собой увеличение дефектности образцов. Дефекты в свою очередь вызывают разброс величины и направления локальных электрических и магнитных полей в месте расположения ядер квадрупольных атомов, что и приводит к уширению линий. Такой вывод подтверждается исследованиями типоморфизма халькопиритов в океанических рудах Срединно-Атлантического хребта, согласно которым в образцах, полученных из месторождения «Семенов-2», наблюдается дефицит железа и в качестве примеси присутствует цинк [2].

Литература

1. Ran Ang, Atta Ullan Khan, Naohito Tsujii et al. // *Angewandte Chemie*, 2015. Vol. 54. 44. P. 12909—12913.
2. Бабаева С.Ф., Андреев С.И. Годичное собрание Российского минералогического общества и Федоровская сессия 2012. 2012. С. 76—78.

Е Наинг Лин, асп.; рук. М.А. Боев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ОСОБЕННОСТИ ОДНО- И ДВУХВОЛОКОННЫХ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ ДЛЯ ВНУТРИОБЪЕКТОВОЙ ПРОКЛАДКИ

В данной работе рассмотрены конструкции и проведено сравнение механических свойств одно- и двухволоконных оптических кабелей марок ОВНС (симплекс) и ОВНД (дуплекс), предназначенных для прокладки внутри помещений (внутриобъектовая прокладка).

Кабели предназначены для эксплуатации в диапазоне температур от минус 10 до 50 °С, при этом температура транспортировки и хранения может составлять от минус 50 до 50 °С. Конструктивные параметры кабелей приведены ниже в табл. 1, 2. Кабели должны выдержать следующие механические усилия: допустимое растягивающее усилие для кабелей марки ОВНС от 0,2 до 0,3 кН и для кабелей марки ОВНД от 0,5 до 0,6 кН. Допустимое раздавливающее усилие не менее 50 Н/см. Конкретные значения механических свойств кабелей зависят от конструктивного исполнения.

Таблица 1

Особенности конструкции кабеля марки ОВНС

Количество волокон в кабеле	Диаметр кабеля, мм	Вес кабеля, кг/км	Допустимый радиус изгиба, мм
1	2,8	7,2	28
1	1,8	3,5	18

Таблица 2

Особенности конструкции кабеля марки ОВНД

Количество волокон в кабеле	Габаритные размеры кабеля, мм	Вес кабеля, кг/км	Допустимый радиус изгиба, мм
2	2,8/5,6	14,3	28

*С.Ю. Жуков, П.Д. Иванов, студенты; рук. В.А. Говоров, к.х.н.
(НИУ «МЭИ»)*

ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА НА ОСНОВЕ КОБАЛЬТАТА ЛИТИЯ

Химические источники тока (ХИТ) являются широко используемой технической продукцией в мире. Количество ежегодно производимых ХИТ измеряется в зависимости от типа источника миллионами [1].

Самое широкое применение как в повседневной жизни, так и в научной и технической областях нашли вторичные ХИТ. Они используются буквально везде, начиная от мобильных телефонов и заканчивая космическими аппаратами. Каждый новый день ХИТ совершенствуются: улучшается их качество, а цены на них становятся ниже [2].

В данной работе приводится методика синтеза кобальтата лития, имеющего очень высокую теоретическую емкость, достигающую 274 мА·ч/г. Кобальтат лития используется в качестве активной массы для положительного электрода литий-ионных источников тока. Оксид кобальта (III) смешивался с карбонатом лития в бисерной мельнице. Затем из полученной массы твердофазным методом синтеза получали кобальтат лития. При этом проводилось два помола: предварительный в планетарной мельнице и основной помол в бисерной мельнице.

В докладе рассмотрена технология создания электродов на основе кобальтата лития с различными поверхностно-активными веществами с целью упрощения процесса нанесения активной массы на токоотвод.

Приведены результаты исследования реологии и электрохимической активности электродов.

Литература

1. **Ковалёв В.З.** Химические источники энергии. Омск: ОмГТУ, 2005.
2. **Померанцева Е.А.** Наноструктурированные материалы для современных литиевых источников тока // Нанометр. Март 2008. С. 366—377.

А.С. Захаренкова, студ.; рук-ли А.Г. Корякин, асс.;
Ю.Т. Ларин, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОПТИЧЕСКИЕ И КОМБИНИРОВАННЫЕ КАБЕЛИ ДЛЯ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

Модернизация производства, связанная с развитием нефтяной и газовой отраслей, приводит к необходимости создания новых типов кабельных изделий, которые должны совмещать эксплуатационные свойства хорошо зарекомендовавших себя грузонесущих электротелеметрических кабелей для проведения геофизических работ в бурящихся и эксплуатируемых скважинах со свойствами оптических кабелей, обеспечивающих не только передачу сверхширокополосных информационных сигналов, но и возможность непрерывного контроля температуры, давления и других параметров внутри скважины, например, деформаций при сейсмических колебаниях.

В работе рассмотрены вопросы влияния эксплуатационной газовой агрессии на элементы конструкций комбинированных электрооптических погружных кабелей, применяемых для геофизических работ в нефтегазовых скважинах. Рассматриваются функциональные возможности комбинированных электрооптических кабелей в области мониторинга и контроля температуры внутри и на поверхности скважин, давления, деформации ствола при вибрационных нагрузках.

Измерение температуры с помощью оптических волокон, которые работают как линейный датчик, дает возможность проводить регистрацию по всей длине кабеля путем обработки поданного оптического сигнала на оптические волокна. Рассматриваемая технология также испытывается для обнаружения задымления в туннелях и шахтах.

Для рассматриваемых кабелей обеих групп (оптических и комбинированных), важным фактором является воздействие эксплуатационной среды (жидкости и газовых смесей, находящиеся внутри скважин) на параметры кабелей.

В работе получены зависимости среднего времени эксплуатации силовых электрических кабелей с резиновой изоляцией и электрооптических кабелей до полного списания от частоты спуско-подъемов на 100 суток работы и времени эксплуатации в зависимости от газовых факторов при среднем давлении от 7 до 25 МПа. Проведено измерение ступенчатого коэффициента затухания комбинированных кабелей отечественного и зарубежного производства. Теоретически описывается процесс диффузии при увлажнении изоляционных материалов кабельных изделий, а также механизм влияния газовых факторов на свойства изоляции погружных кабелей, приведен сравнительный анализ с экспериментальными данными на реальных образцах, снятых с эксплуатации из скважин.

Зин Мин Латт, асп.; рук. М.А. Боев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИСПЫТАНИЯ НА СТОЙКОСТЬ К УДАРУ ВНУТРИОБЪЕКТОВОГО ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ ДЛЯ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА

В данной работе представлены результаты исследования по стойкости к механическим воздействиям специального оптического кабеля [1] марки ОВНПЛС-НФ-1А-0,4, предназначенного для систем широкополосного доступа. Этот кабель содержит одно оптическое волокно (ОВ). Проверка стойкости к механическим воздействиям включала испытания кабелей на стойкость к удару.

Испытания кабелей на стойкость к удару проводят по ГОСТ Р МЭК 794-1(метод Е4). Образец помещают на плоское стальное основание и закрепляют. Воздействие на образец осуществляют грузом, падающим с установленной высоты. Воздействующая на кабель поверхность груза должна иметь радиус закругления 100 мм. Число участков удара — три. Расстояние между участками должно быть не менее 1 м. Во время механического воздействия ОВ кабеля подключают к измерительному прибору. В процессе испытания контролируют приращение коэффициента затухания по ГОСТ Р МЭК 60793-1-40 в следующие моменты:

- до начала механического воздействия;
- в момент удара;
- по окончанию механического воздействия.

Кабель считают выдержавшим испытание, если приращение коэффициента затухания в процессе испытаний не превышает 0,05 дБ, учитывая погрешность измерительного прибора.

Результаты механических испытаний показали, что при испытании на стойкость к удару превышение предельно допустимого значения затухания сигнала в ОВ, равное 0,22 дБ/км, возникает при увеличении энергии удара более 8 Дж.

Проведенные испытания подтвердили заданную стойкость исследованного кабеля к механическим воздействиям.

Литература

1. **Боев М.А., Зин Мин Латт.** Кабель для широкополосного доступа. // 5-я Международная конференция электромеханика, электротехнологии, электротехнические материалы и компоненты, 21—27 сентября 2014, Крым: Труды. Алушта, 2014. С. 70—71.
2. **Боев М.А., Зин Мин Латт.** Стойкость внутриобъектового оптического кабеля к механическим воздействиям. // Тезисы докладов XXII междуна. науч.-техн. конф. «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика»: 25—26 февраля 2016. В 3-х т. Т. 2. М.: Издательский дом МЭИ, 2016. С. 34.

Йе Чжо Мин, асп; рук. М.А. Боев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ОПТИЧЕСКИЕ КАБЕЛИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ЗЕМЛЕ В ТРОПИЧЕСКОМ КЛИМАТЕ

Сегодня магистральные линии связи строят в основном с использованием оптических кабелей. Большинство таких линий прокладывают в земле, поэтому для этих целей необходимы специальные бронированные кабели. На рис. 1 представлена конструкция такого кабеля.

В данной работе исследован оптический кабель марки ОГД 6х8А-7, изготавливаемый по ТУ 3587-001-58743450—2005 и предназначенный для прокладки в земле, в грунтах всех категорий, кроме мерзлотных грунтов. Кабель предназначен для эксплуатации при температуре окружающей среды от -40 до 50 °С. Кроме того, кабель должен выдерживать статическое растягивающее усилие до 7 кН и раздавливание с усилием не менее 0,7 кН/см [1].

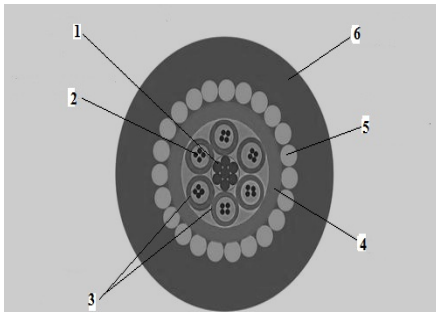


Рис. 1. Конструкция кабеля марки ОГД

Конструкция кабеля марки ОГД включает центральный силовой элемент (1) выполненный из стеклопластика и шесть оптических модулей (2), содержащих по восемь оптических волокон каждый. Свободное пространство в оптическом модуле и межмодульное пространство заполнено гидрофобным наполнителем (3). Оптические модули, скрученные вокруг центрального силового элемента, образуют сердечник, поверх которого наложена внутренняя оболочка из полиэтилена (4). Поверх внутренней оболочки наложена броня (5) из стальных оцинкованных проволок. Поверх брони имеется наружная оболочка (6) из полиэтилена.

В данной работе проведены исследования по определению значений механических параметров оптического кабеля марки ОГД 6х8А-7, а именно стойкости к растягивающему усилию и раздавливанию.

Литература

1. **Йе Чжо Мин.** Климатические и механические параметры оптических кабелей, предназначенных для эксплуатации в земле в тропическом климате // Тезисы докладов XXII междуна. науч.-техн. конф. «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика»: 25—26 февраля 2016. В 3-х т. Т. 2. М.: Издательский дом МЭИ, 2016. С. 35.

П.И. Коньшин, студ.; П.А. Арсеньев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ И СИНТЕЗ ГИДРОКСИАПАТИТА, ЛЕГИРОВАННОГО ИОНАМИ СЕРЕБРА

В настоящее время интерес исследователей к соединениям со структурой апатита связан с возможностью их практического применения в качестве совместимых с костной тканью искусственных биоматериалов, сенсоров влаги и спирта, адсорбентов экологически вредных и радиоактивных веществ, катализаторов реакций дегидрирования спиртов и т. д.

В соединениях со структурой апатита существует возможность замещения его структурных единиц, в нашем случае кальция, другими ионами. Введение модифицирующих добавок может приводить к появлению ценных физико-химических свойств у образующихся при этом твердых растворов. Например, при создании биосовместимого материала для имплантации ионы серебра играют роль агентов дезинфекции.

Подтверждением указанного предположения являются результаты рентгеноструктурного анализа, показывающие, что серебро входит в решетку гидроксилapatита (ГА) вместо кальция согласно стехиометрической формуле $\text{Ca}_{9,8}\text{Ag}_{0,2}(\text{H}_2\text{PO}_4)_{0,2}(\text{PO}_4)_{5,8}(\text{OH})_2$.

Поставленная задача создания биосовместимого материала для имплантации, содержащего в том числе ионы серебра, играющие роль агентов дезинфекции, требует расчета состава вещества, т.е. определению количества исходных компонентов для синтеза данного состава.

В ходе данной работы проведена доработка технологии синтеза указанного состава с целью введения ионов серебра в стехиометрический состав, также проведены рентгенофазовый анализ и микрорентгеновский анализ полученных образцов [1].

Образцы ГА получены реакцией нейтрализации. В суспензию, содержащую 1 л дистиллированной воды и 0,5 молей гидроксида кальция, при интенсивном перемешивании прикапывают в течение одного-двух часов 1 л 0,3 М раствора фосфорной кислоты до полной нейтрализации. Полученную гелеобразную субстанцию перемешивают в течение 5 часов и выдерживают неделю для старения. Осадок фильтруют, высушивают при 80 °С и прокаливают 3 часа при 800 °С.

Литература

1. Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ. М.: МГУ. 1976.

Т.Р. Косьминов, студ.; рук. А.И. Тихонов, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ РАСЧЕТНЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

Проведение расчетов является важной составной частью инженерной деятельности. В свою очередь расчетные веб-приложения позволяют пользователям использовать серверные вычислительные ресурсы, подключаясь к ним через браузер. Это, во-первых, дает возможность избежать необходимости установки на компьютерах пользователей дополнительного программного обеспечения, а во-вторых, не зависеть от используемых вычислительных устройств. Платой являются аскетичные пользовательские веб-интерфейсы и необходимость пересылки сравнительно больших объемов данных по сети.

В докладе рассматриваются две технологии разработки и применения расчетных веб-приложений в учебном процессе. Первой является технология Jupiter Notebook (JN). Блокнот JN состоит из вычислительных ячеек, содержащих фрагменты программ на Python, Ruby, Perl, Julia и на ряде других языков программирования, и документных ячеек. Документные ячейки могут содержать форматированный текст на языках разметки Markdown и HTML, формулы, рисунки, видео. Результаты выполнения вычислительных ячеек могут быть представлены в текстовой форме, в виде графиков и даже анимации. В докладе обсуждается опыт использования JN в учебном процессе, в том числе для создания электронных интерактивных учебников, проведения практических и лабораторных занятий. JN может применяться как локально, так и в виде серверного приложения.

Второй технологией, рассматриваемой в докладе, является разработанная авторами инфраструктура апплетов — небольших приложений, написанных на Python. Для взаимодействия с пользователем необходимо описать интерфейсные переменные. На основе описания в автоматическом режиме генерируется веб-интерфейс, через который пользователь взаимодействует с апплетом. Наряду с интерфейсными переменными пользователь отображается результаты расчетов в виде таблиц и графиков.

Интересной особенностью инфраструктуры апплетов является развитая система разграничения доступа и объектов, позволяющие создавать апплеты, демонстрирующие индивидуальное поведение в зависимости от пользователя. Это в свою очередь позволяет легко реализовывать виртуальные лабораторные работы, задачки, средства контроля правильности решения задач обучаемыми. Управление инфраструктурой апплетов реализовано через административную систему Django.

СОПОСТАВЛЕНИЕ СВОЙСТВ СПЕКТРОВ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ПОВЕРХНОСТИ СЕМЯН ФАСОЛИ И РЖИ

Спектры люминесценции поверхности семян растений представляют большой научный и практический интерес.

Спектры снимали по методике, описанной в работе [1]. Для математической обработки данных эксперимента использовали математический пакет *Origin* 7-й версии.

Исходные спектры проходили стандартную процедуру сглаживания, нормировки по амплитуде, равной единице, и Фурье-фильтрацию с частотой среза фильтра 5 Гц.

Составляющие спектра люминесценции представлены на рис. 1, а и б. Спектры содержат по три центра свечения. Характерным для них является то, что максимумы соответствующих полос с точностью до второго знака после запятой совпадают друг с другом. Боковые полосы 1 и 3 расположены симметрично по оси энергии. Полуэнергия энергии их пиков с точностью до ~ 1 —2 % совпадает с энергией пика основной полосы. Весовые коэффициенты основных полос люминесценции также с точностью до второго знака после запятой совпадают друг с другом. Отличие элементарных спектров между собой состоит в величине энергии излучения пиков 1 и 3 полос.

Полученные экспериментальные данные позволяют предположить, что материалы оболочек семян ржи и фасоли обладают примерно одинаковыми спектрально-люминесцентными свойствами. Можно предположить, что в основе материала поверхности лежит биополимер на основе целлюлозы. Данные о происхождении центров свечения люминесценции отсутствуют.

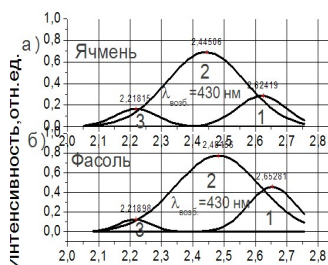


Рис. 1. Спектры люминесценции семян растений

Литература

1. Беляков М. В. Методика исследования люминесцентных свойств семян растений на спектрофлуориметре «Флюорат02-Панорама» // Научная жизнь. 2016. № 3. С. 18—26.

Н.Е. Молчанов, асп.; рук. М.А. Боев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ ГЕРМЕТИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ СУДОВЫХ КАБЕЛЕЙ С ВОДОБЛОКИРУЮЩИМИ НИТЯМИ И ЛЕНТАМИ

При разработке кабелей, эксплуатируемых на подводных судах, основной задачей является обеспечение продольной герметизации. Это означает, что по кабелю не должна распространяться вода в случае обрыва кабеля или повреждения оболочки в момент, когда судно находится под водой.

Решение данной задачи состоит из следующих этапов:

- 1) выбор материалов конструкций судовых кабелей;
- 2) расчет количества водоблокирующих нитей и лент;
- 3) испытание готовых кабелей;
- 4) оптимизация конструкций и технологии изготовления кабелей при неудовлетворительных результатах испытаний.

При разработке конструкции кабеля делается все максимально возможное, чтобы кабель выдерживал нормируемое гидростатическое давление в продольном направлении (конструкция насыщается максимальным количеством водоблокирующих элементов), что неэкономично и в некоторых случаях не может быть технически оправдано [1].

В связи с этим перед автором стояла задача изучить различные конструкции герметизированных кабелей по отношению стойкости к продольному гидростатическому давлению для создания математических моделей для расчета и оптимизации конструкций судовых кабелей, что позволило достигнуть экономии материалов и улучшение технологии.

В работе рассматриваются результаты испытаний на воздействие продольного гидростатического давления судовых герметизированных кабелей различных конструкций, а также проведен анализ полученных результатов.

Литература

1. ГОСТ РВ 20.57.416—98. Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические военного назначения. Методы испытаний.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ЗЕЕМАНОВСКИХ ЛАЗЕРНЫХ ГИРОСКОПОВ

Лазерные гироскопы (ЛГ) используются для измерения угловой скорости движения объектов и обычно применяются в системах навигации [1]. Рабочие характеристики лазерного гироскопа зависят от большого числа конструктивно-технологических факторов. К конструктивным факторам относится точность изготовления оптического контура (углы, длины, диаметры каналов и их соосность), а к технологическим факторам – качество поверхности газоразрядных каналов (волнистость, шероховатость поверхности канала, глубина нарушенного слоя) [2].

На рис. 1 показан разброс диаметров рабочих каналов после расточной операции корпусов резонаторов ЛГ, изготовленных с помощью гальванического алмазного инструмента и инструмента «МонАлиТ». Из рис. 1 следует, что использование инструмента «МонАлиТ» обеспечивает минимальный разброс диаметров рабочих каналов после расточной операции.

Наилучшие рабочие характеристики ЛГ могут быть обеспечены только при высокой симметрии контура кольцевого резонатора. Одним из определяющих в этом плане факторов является обеспечение минимального разброса диаметров газоразрядных каналов при их формировании.

Применение инструмента «МонАлиТ» по сравнению с гальваническим инструментом обеспечило существенное улучшение характеристик ЛГ за счет повышенной точности обрабатываемых деталей и снижения в полтора-два раза шероховатости поверхности главных отверстий в корпусе гироскопа, что в целом повышает рабочие характеристики ЛГ.

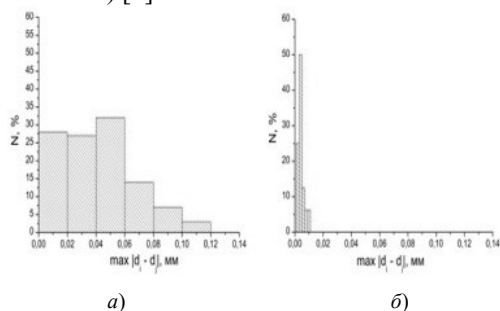


Рис. 1. Разброс диаметров рабочих каналов после расточной операции: а — гальванический инструмент; б — инструмент «МонАлиТ»

Литература

1. Аронович Ф. Лазерные гироскопы. М.: Мир, 1974.
2. Балыков А.В. Алмазное сверление отверстий в деталях из хрупких неметаллических материалов. М.: Наука и технология, 2003.

*М.О. Никифоров, асп.; рук. Б.Н. Рыгалин, д.т.н., проф.
(МИЭТ, Москва)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА АТОМНО-СЛОЕВОЙ ЭПИТАКСИИ НИТРИДА ГАЛЛИЯ В РЕАКТОРЕ НОВОГО ТИПА

Нитриды третьей группы являются перспективным материалом для светодиодов, лазеров, а также СВЧ-техники и силовой электроники [1—3]. Однако традиционная схема организации процесса выращивания гетероэпитаксиальных структур (ГЭС) нитридных соединений и соответствующая ей конструкция реакционных камер производимого в настоящее время оборудования имеют ряд ограничений, которые затрудняют реализацию процесса формирования ГЭС. В первую очередь это относится к сложности управления ростом наноразмерных слоев и воспроизводимости этого процесса.

В настоящей работе представлены результаты исследования возможности роста слоев GaN в режиме атомно-слоевой эпитаксии в реакторе нового типа, конструкция которого имеет распределенную по зонам подачу исходных реагентов, что обеспечивает последовательное перемещение подложки из зоны осаждения элементов III группы в зону элементов V группы и, таким образом, создает режим импульсного изменения состава газовой фазы в процессе формирования слоев без переключения клапанов подачи парогазовой смеси (ПГС). Результаты выполненных экспериментов включают зависимости морфологических и структурных свойств выращенных слоев и их скорости роста от технологических режимов процесса осаждения.

Литература

1. **Uniform** GaN thin films grown on (100) silicon by remote plasma atomic layer deposition / Huan-Yu Shih, Ming-Chih Lin, Liang-Yih Chen and Miin-Jang Chen // *Nanotechnology*. 2015. 26. 014002 (7p.).
2. **High** quality ultraviolet AlGaIn/GaN multiple quantum wells with atomic layer deposition grown AlGaIn barriers / Zhen-Yu Li, Ming-Hua Lo, C. T. Hung, Shih-Wei Chen et al.// *APPLIED PHYSICS LETTERS*. 2008. 93. 131116.
3. **Chia-Hung Lin, Tetsuya Akasaka, and Hideki Yamamoto**, N-face GaN(000-1) films with hillock-free smooth surfaces grown by group-III-source flow-rate modulation epitaxy // *Japanese Journal of Applied Physics*. 2016. 55. 04EJ01.

ПОДВЕСНОЙ ОПТИЧЕСКИЙ КАБЕЛЬ ДЛЯ ЗОНОВОЙ СВЯЗИ

Зоновые оптические кабели служат для организации многоканальной связи между областным центром и районами с дальностью связи до 250 км. В этих кабелях используют градиентные оптические волокна с соотношением сердцевины и оболочки 50/125 мкм. Передачу информации осуществляют на волне длина 1,3 или 1,55 мкм.

Для проведения настоящих исследований выбран кабель марки ОПД [1], предназначенный для подвески на опорах воздушных линий связи (рис.1). Кабель содержит центральный силовой элемент из стеклопластика (1), вокруг центрального силового элемента скручены оптические модули (2) с волокнами и корделлы. Поверх скрученного сердечника наложена наружная оболочка (3) из полиэтилена в виде восьмерки.

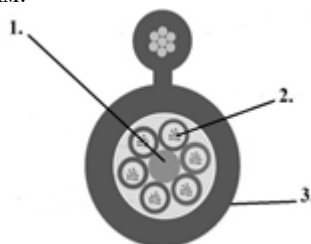


Рис. 1. Подвешиваемый оптический кабель ОПД

Свободное пространство в оптических модулях заполнено гидрофобным наполнителем. Поверх центрального силового элемента обмотаны водоблокирующие нити. Межмодульное пространство заполнено гидрофобным наполнителем или поверх скрученных оптических модулей и корделлы наложена водоблокирующая лента. В качестве периферийного силового элемента использован стальной трос или стеклопластиковый пруток. Анализ опыта эксплуатации самонесущих оптических кабелей с вынесенным силовым элементом показывает, что для обеспечения высоких эксплуатационных и технических показателей при прокладке по воздушной линии связи необходимо предусматривать наличие специальных элементов подвеса и натяжения. В данной работе проведены исследования устойчивости кабеля марки ОПД к растягивающему усилию, действующему в процессе инсталляции кабеля и длительной эксплуатации. Получены зависимости допустимого растягивающего усилия кабеля от материала и размеров силовых элементов в конструкции кабеля.

Литература

1. Боев М.А., Маунг Эй. Экспериментальные исследования механических свойств подвесных оптических кабелей для тропического климата // Кабели и про- вода. 2015. № 3(352). С. 8–12.

А.О. Якубов, асп.; рук. А.А. Шерченков, д.т.н., проф. (НИУ «МИЭТ»)

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Энергонезависимая фазовая память (PCM) является одним из кандидатов, способных заменить флэш-память. Для ячеек PCM наиболее перспективным является соединение $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ (GST225), лежащее на линии квазибинарного разреза $\text{GeTe-Sb}_2\text{Te}_3$. Однако не до конца изученными остаются многие важные фундаментальные и практические вопросы, связанные с фазовыми переходами. В связи с этим целью данной работы являлось изучение кинетики кристаллизации в тонких пленках $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$.

Тонкие пленки $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ формировались методом вакуумно-термического напыления. Толщины получаемых пленок составляли 130–160 нм и определялись атомно-силовой микроскопией. Температурные зависимости удельного сопротивления были исследованы на разработанном программно-аппаратном комплексе при различных скоростях нагрева.

Измерения температурных зависимостей удельного сопротивления выявили, что в диапазоне от комнатной температуры до 130 °C наблюдаются экспоненциальные температурные зависимости, что свидетельствует об активационном характере проводимости в аморфном состоянии. Энергия активации проводимости в данной области равнялась 0,29 эВ.

В диапазоне температур от 130 до 160 °C и от 180 до 220 °C наблюдались резкие падения удельного сопротивления, обусловленные фазовыми переходами из аморфного состояния в метастабильную кубическую структуру типа NaCl, а затем в стабильную гексагональную фазу.

Для определения энергии активации фазовых переходов использовался метод Киссинджера. Значение энергии активации для перехода из аморфного в кубическое состояние (2,83 эВ) больше, чем в работе [1] (2,24 эВ). Значение энергии активации фазового перехода кубическая-гексагональная фаза 3,25 эВ несколько меньше 3,64 эВ [1]. Это может быть связано с различными методами осаждения пленок и оценки энергии активации.

Таким образом, в данной работе были исследованы температурные зависимости удельного сопротивления для тонких пленок $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ с различными скоростями нагрева. Оценены температуры и энергии активации фазовых переходов с использованием метода Киссинджера.

Литература

1. **Structural** transformations of $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ films studied by electrical resistance measurements / I. Friedrich, V. Weidenhof, W. Njoroge, P. Franz and M. Wuttig // J. Appl. Phys. 2000. Vol. 87. P. 4130—4134.

Секция 22

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ

Председатель секции — зав. каф. ЭКАО, к.т.н., ст. н. сотр.

М.Ю. Румянцев

Секретарь секции — к.т.н., доцент А.Н. Соломин

А.О. Большаков, студ.; рук. М.Г. Марков, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

Установки индукционного нагрева широко применяются в различных производствах для выплавки и обработки металлов [1]. При этом важно получать достоверную информацию о ходе технологического процесса. Эта задача требует применения современных и высокотехнологических устройств измерения и наглядного представления информации.

Для решения поставленных целей выбран микроконтроллер STM32F407VG на отладочной плате STM32-discovery. Наличие высокоскоростного АЦП и мощного математического аппарата обусловили выбор данного микроконтроллера [2].

Одной из главных задач стало преобразование переменного тока и напряжения в напряжение, которое доступно АЦП, а именно в однополярное напряжение от 0 до 3 В. В работе используются для преобразования тока в напряжение шунт и трансформатор тока, а для понижения напряжения сети и гальванической развязки — трансформатор напряжения.

Задача преобразования из двухполярного напряжения в однополярное решена использованием резистивной матрицы и источника опорного напряжения. Схема представлена на рис. 1.

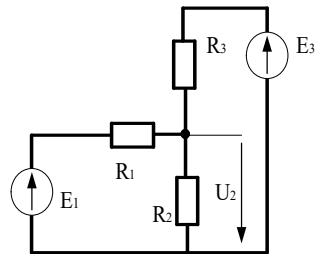


Рис. 1. Схема резистивной матрицы

Вывод полученной информации на компьютер осуществляется через СОМ-порт. Однако современные компьютеры и ноутбуки не имеют выводов СОМ-порта или вовсе его лишены. Чтобы устранить эту проблему, использована микросхема преобразователя интерфейса USB в интерфейс RS-232, с которым работает СОМ-порт, СН340.

Программирование происходит на языке Си с использованием программы Keil uvision [3]. На основе проекта можно построить специализированный прибор для измерений параметров технологического режима установок высокочастотного нагрева.

Литература

1. **Слухоцкий А.Е.** Установки индукционного нагрева. Л.: Энергоиздат, 1981.
2. **STMicroelectronics** User Manual, 2011.
3. **Кернинган Б., Ритчи Д.** Язык программирования Си, 1978.

АКТИВНЫЙ ТРЕХФАЗНЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ

Одной из задач развития учебной кафедральной лаборатории является создание активного выпрямителя малой мощности для лабораторных генераторных установок на базе синхронной машины, асинхронной машины с короткозамкнутым ротором и асинхронной машины с фазным ротором. Силовая полупроводниковая часть активного выпрямителя выполняется на основе шести транзисторов с обратными диодами, включенными по трехфазной мостовой схеме.

Планируется получение возможности проведения экспериментальных исследований при разных вариантах подключения активного выпрямителя в составе генераторных установок.

Первый вариант — подключение трехфазного входа выпрямителя к фазным обмоткам якоря, соединенным в звезду, первых двух типов электрических машин (у всех лабораторных машин якорные обмотки расположены на статоре) и его выхода к нагрузке постоянного тока. Такая структура при использовании обычного трехфазного диодного (неуправляемого) выпрямителя известна как вентильный генератор. Использование активного выпрямителя вместо неуправляемого позволяет формировать стабилизированную шину постоянного напряжения при нестабильных параметрах переменного напряжения генератора, а также при питании от трехфазной сети. Помимо задачи стабилизации формируемого постоянного напряжения, активный выпрямитель в данном случае может выполнять роль корректора коэффициента потребляемой мощности, обеспечивая значение входного коэффициента мощности, близким к единице.

Второй вариант — подключение трехфазного входа выпрямителя к фазным обмоткам статора асинхронной машины с короткозамкнутым ротором, а его выхода к конденсатору. В такой структуре активный выпрямитель позволяет управлять мощностью возбуждения асинхронного генератора, стабилизируя значение переменного напряжения на его выходе. Нагрузка (в данном случае по переменному току) подключается к статору асинхронной машины.

Третий вариант — подключение трехфазного входа выпрямителя к фазным обмоткам ротора асинхронной машины с фазным ротором, работающей в генераторном режиме при частоте вращения выше синхронной, а выхода выпрямителя к звену постоянного тока инвертора, соединенного по своему выходу с трехфазной обмоткой статора. В такой структуре активный выпрямитель обеспечивает управление мощностью возбуждения генератора и одновременно передачу активной мощности с роторных обмоток генератора в нагрузку, подключенную также к статору. Нагрузка в данном случае питается переменным напряжением стабильной частоты даже при переменной частоте вращения вала генератора.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКА ТОКА НА БАЗЕ ПОЯСА РОГОВСКОГО

Перспективным датчиком тока для электроэнергетических установок является трансформатор с воздушным сердечником, именуемый в литературе поясом Роговского. В отличие от классических трансформаторов тока с ферромагнитным сердечником он не имеет погрешностей, связанных с насыщением магнитопровода. Поскольку напряжение на выходе катушки Роговского пропорционально производной тока, необходимо использовать интегратор для преобразования сигнала. Ранее в работе [1] были исследованы погрешности такого датчика тока на математической модели, и было показано, что можно обеспечить высокую точность измерений за счет правильного выбора параметров основных элементов и усложнения схемы интегратора. Однако сложные схемы нуждаются в настройке, а требования к элементам оказываются весьма высокими. В данной работе представлены результаты разработки датчика тока с микропроцессорным управлением, свободного от названных выше недостатков.

Для разработки и тестирования программного обеспечения микроконтроллера использована среда разработки MPLab фирмы Microchip. Исследование погрешностей для переменного синусоидального тока проведено на модели в программе Mathcad и на физической модели.

В ходе исследования разработаны алгоритмы управления датчиком тока, обеспечивающие снижение смещения нуля и малую фазовую погрешность. Работоспособность разработанной по этим алгоритмам программы подтверждена на моделях в средах MPLab, Proteus, Mathcad и в реальной схеме. Исследования подтвердили возможность повышения точности датчика за счет использования в нем управляющего микроконтроллера. Разработка выполнена на микроконтроллере PIC12F1823, в нем использован АЦП и ШИМ. Используя отсчеты АЦП, программа вычисляет смещение нуля операционного усилителя и с помощью ШИМ формирует сигнал, компенсирующий это смещение.

Проведенные исследования показали, что для датчика тока на основе пояса Роговского и электронного интегратора можно снизить требования к элементам схемы и повысить точность измерений за счет введения в состав датчика управляющего микроконтроллера.

Литература

1. **Виноградова Т.М.** Разработка и исследование датчика тока для цифрового трансформатора тока // Тезисы докладов XXII Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика», 25—26 февраля 2016 г. М.: Издательский дом МЭИ, 2016. Т. 2.

М.С. Зубарев, асп.; рук. С.Ю. Останин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ТЕОРИИ И ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГИСТЕРЕЗИСНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ КОНУСНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

Исследования, рассматриваемые в докладе, выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) по проектам 15-08-99600-а, 16-08-01101-а, 16-58-53123 ГФЕН-а, 15-58-53072 ГФЕН-а.

Гистерезисный электропривод [1] с электродвигателями конусного исполнения является наиболее перспективным при реализации прецизионных технологических и производственных систем, в частности на базе мотор-подшипников. Мотор-подшипники — высокотехнологичные электро-мехатронные системы, объединяющие в себе электропривод, газодинамическую опору и рабочую среду – технологический раствор или расплав [2]. Они успешно применяются в России, а также в Республике Беларусь, Китае, Иране и ряде других государств в химической, текстильной, пищевой и смежных с ними областях техники и отраслях промышленности.

Новизна проведенных исследований основана на данных патентного поиска и аналитического обзора литературных источников, подтверждающих основные тенденции развития электропривода механизмов из [2].

Личный вклад автора состоит в следующем:

- патентном поиске и аналитическом обзоре литературных источников;
- реализации предложений по совершенствованию математических моделей гистерезисного электродвигателя конусного исполнения;
- разработке предложений по повышению качества проектирования гистерезисного электропривода с двигателем конусного исполнения.

Перспективы использования полученных результатов обусловлены реальностью их дальнейшей производственной и коммерческой реализации. Эффективность гистерезисного электропривода с электродвигателем конусного исполнения подтверждена при практическом применении для ряда технологических машин с разными структурами систем электропитания и инерционными механизмами. Предлагаемый вид электропривода легко встраивается в технологические машины, находящиеся в эксплуатации. Он также перспективен при создании новых поколений технологических машин химической, текстильной, пищевой и смежных с ними отраслей.

Литература

1. **Проектирование** гистерезисных двигателей на ЭВМ / И.Н. Орлов, В.Б. Никаноров, А.П. Селезнёв, Г.А. Шмельёва. М.: МЭИ, 1991. 128 с.
2. **Шнайдер А.Г., Пчелин И.К.** Динамика мотор-подшипников. М.: Наука, 2007. 276 с.

А.Ю. Локтиков, Д.А. Старшинов, студенты;
рук. А.В. Сизякин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОДНОФАЗНОГО ИНВЕРТОРА НАПЯЖЕНИЯ

Инвертор напряжения — полупроводниковый преобразователь электрической энергии, применяющийся во многих областях промышленности. Его работа основана на изменении полярности подключения источника постоянного напряжения к нагрузке. Для обеспечения требуемого качества выходной энергии алгоритмы управления инверторами строятся на базе широтно-импульсной модуляции (ШИМ). В современных системах сигналы управления ключами инвертора формируются с помощью цифровых систем управления, использующих микроконтроллеры. В работе исследуется инвертор напряжения с управлением, основанным на микроконтроллере с ядром ARM Cortex-M3. Такие микроконтроллеры являются недорогими и достаточно производительными, что определяет их широкую распространенность в современных электронных устройствах.

Важным этапом исследования является моделирование работы исследуемого устройства с помощью специализированных программных пакетов. На первом этапе работы была разработана модель однофазного инвертора напряжения (рис. 1) с LC фильтром в среде MatLab/Simulink [1]. С помощью модели было исследовано влияние выбранного алгоритма ШИМ на выходные характеристики инвертора. Также было исследовано влияние нулевой паузы (мертвого времени) в переключении ключей одной стойки на качество выходного напряжения (рис. 2).

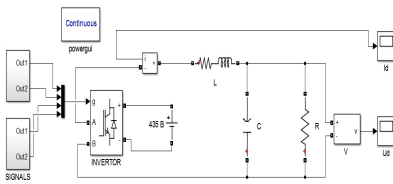


Рис. 1. Модель инвертора

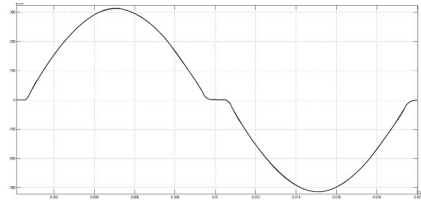


Рис. 2. Форма выходного напряжения

Разработанная модель позволяет проанализировать алгоритмы компенсации искажений формируемого напряжения, а также позволяет существенно упростить процесс разработки программного обеспечения для микроконтроллера, используемого в системе управления инвертора.

Литература

1. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем. СПб.: Корона Принт, 2001.

Л.С. Майорова, студ.; рук. К.В. Куликов, доц. (ИГЭУ, г. Иваново)

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТИРИСТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ПОВЫШЕННОЙ МОЩНОСТЬЮ, СОВМЕСТИМЫХ С СЕТЬЮ

При использовании тиристорных преобразователей (ТП) со схемами управления, допускающими большие скачки тока в момент включения ТП, из-за наличия в сети распределительных индуктивностей и емкостей возникают большие помехи. ТП создают помехи главным образом при включении, так как отключение обычно происходит при нулевом токе. С другой стороны, ТП переключаются намного чаще и быстрее, что вызывает высокий уровень помех при их работе [1, 2].

Все вышеперечисленное относится к проблеме электромагнитной совместимости (ЭМС). По этой причине перспективным направлением обеспечения допустимого уровня помех и электромагнитной совместимости в сети является разработка математических моделей тиристорных преобразователей с возможностью усовершенствования управления ими.

При разработке математической модели тиристорных преобразователей использовались программные комплексы Mathcad и EMTP-RV. Методом исследования при выполнении экспериментальной части являлось математическое моделирование. Исходными данными являлись схема простейшей сети и схема тиристорного преобразователя с заданной нагрузкой.

По итогам проведенной работы можно сделать вывод, что источниками электрических и электромагнитных помех могут быть различные узлы тиристорного преобразователя. Для предварительной оценки их свойств самым эффективным способом является компьютерное моделирование.

Чтобы сосредоточить внимание на распространении помех и сохранении качества электроэнергии в энергосистемах, а также создавать устойчивые к искажениям системы управления преобразователями, необходимы специальные комплексы для создания математических моделей тиристорных преобразователей с возможностью подключения в сеть и дальнейшего выявления и устранения помех.

Литература

1. **Бассет Д.** Импульсные источники питания: Тенденции развития // *Электроника*. 1988. № 1. С. 72—77.
2. **Эраносян С.А., Ланцов В.** Электромагнитная совместимость импульсных источников питания: проблемы и пути их решения // *Силовая электроника*. 2007.

*А.С. Мигулка, студ.; рук. В.Е. Высоцкий, д.т.н., проф.
(СевГУ, г. Севастополь)*

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ МОЩНЫХ ЭЛЕКТРОСТАРТЕРНЫХ СИСТЕМ

Рассматривается методика и расчетная модель проектирования двигателя постоянного тока для систем электростартерного пуска дизельных и газотурбинных агрегатов. В качестве источника питания электромеханического преобразователя предлагается использовать установку, содержащую малоразмерный газотурбинный двигатель и находящийся на его валу вентильный генератор постоянного тока.

Расчеты проводились с использованием элементов общепринятых методик проектирования коллекторных машин постоянного тока, изложенных в [1, 2, 4].

Специфические особенности работы электростартерной системы учитывались в соответствии с положениями, изложенными в [3].

Определение рабочего магнитного потока полюса при работе стартера под нагрузкой проведено с учетом размагничивающего действия МДС поперечной реакции якоря по графоаналитической методике, изложенной в [1, 2]. Проверяется и выполнение условий размещения катушек обмотки возбуждения в межполюсных окнах с минимально приемлемым запасом.

Выбранные в соответствии с указанным комплексным подходом геометрические размеры элементов активной зоны якоря (проводники обмотки якоря, сердечник якоря, пазовая изоляция и вал) обеспечивают высокое использование материалов в проектируемом электростартерном двигателе.

В дальнейшем осуществляется аналитическое решение задачи совмещения характеристик двигателя и стартера, позволяющее получить параметры электропусковых систем в рабочей точке для различных условий.

Литература

1. **Морозов А.Г.** Расчет электрических машин постоянного тока. М.: Высшая школа, 1972. 224 с.
2. **Проектирование** электрических машин / под ред. И. П. Копылова. М.: Высшая школа. 1980. 494 с.
3. **Теория**, конструкция и расчет автотракторного электрооборудования / под ред. М.Н. Фесенко. М.: Машиностроение, 1992. 384 с.
4. **Ермолин Н.П.** Расчет коллекторных машин малой мощности. Л.: Энергия. 216 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИСТЕРЕЗИСНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА БАЗЕ ЦЕПНЫХ МОДЕЛЕЙ

Актуальность рассматриваемой проблемы обусловлена тем, что проектирование и исследование гистерезисных электроприводов [1] особенно с учетом режимов управления на базе только полевой модели гистерезисного электродвигателя крайне сложны и громоздки. Это связано с нелинейностью, неоднозначностью, нестабильностью процессов в роторе электродвигателя и с принципиальной зависимостью текущего магнитного состояния ротора от всех предыдущих магнитных состояний, начиная с первоначального намагничивания при пуске. Ситуация усугубляется при несинусоидальности и (или) несимметричности электропитания. В связи с этим наиболее эффективно применение цепных моделей гистерезисного электропривода, базой для которых является полевая модель электродвигателя.

Новизна проведенных исследований заключается в следующем:

- выбран оптимальный вариант формирования топологии цепной модели гистерезисного электродвигателя и электропривода;
- отработаны средства объединения цепных и полевых моделей гистерезисного электропривода и взаимного обмена данными между ними;
- разработан алгоритм определения эквивалентных сосредоточенных параметров цепной модели гистерезисного электропривода.

Личный вклад автора состоит в следующем:

- патентном поиске и аналитическом обзоре литературных источников;
- развитии математических и компьютерных моделей управляемых гистерезисных электроприводов на базе хромокобальтовых сплавов;
- расчетных исследованиях электромагнитных процессов при управлении гистерезисными электродвигателями в составе электропривода.

Перспективы использования полученных результатов обусловлены необходимостью развития методов и средств проектирования и исследования гистерезисных электродвигателей и электроприводов на основе нового класса хромокобальтовых сплавов для активных частей роторов и с учетом управления, в том числе импульсного, по электрическим цепям статора.

Исследования, рассматриваемые в докладе, выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) по проектам 15-08-99600-а, 16-08-01101-а, 16-58-53123 ГФЕН-а, 15-58-53072 ГФЕН-а.

Литература

1. **Проектирование** гистерезисных двигателей на ЭВМ / И.Н. Орлов, В.Б. Никаноров, А.П. Селезнёв, Г.А. Шмелёва. М.: МЭИ, 1991. 128 с.

В.В. Панюшин, студ.; рук. С.Ю. Останин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПРЕДПРОЕКТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИСТЕРЕЗИСНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Актуальность рассматриваемой проблемы обусловлена широким применением электромеханических блоков в системах вентиляции и кондиционирования, насосных и вентиляторных агрегатах, системах стыковок космических аппаратов разных видов в современных условиях и в перспективе. Системам вентиляции, кондиционирования, насосов посвящено достаточное число литературных источников. Основные фундаментальные вопросы теории и техники стыковки космических аппаратов рассмотрены в [1]. В этом базовом источнике приведены сведения о конструкциях, созданных в СССР и США. Анализируются различные принципиальные схемы стыковочных устройств, их типы, конструкции основных механизмов.

Новизна проведенных исследований подтверждается, в первую очередь, современными и перспективными работами Открытого акционерного общества (ОАО) «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва» — ведущего российского ракетно-космического предприятия, головной организации по пилотируемым космическим системам.

Личный вклад автора состоит в следующем:

- анализе структуры и элементной базы электромеханических блоков систем вентиляции, кондиционирования, насосов, стыковочных устройств;
- сравнительном анализе разных видов электромеханических преобразователей и систем в составе соответствующих функциональных блоков;
- предпроектных исследованиях гистерезисных электроприводов двойного назначения для базовых вариантов электромеханических систем.

Перспективы использования полученных результатов обусловлены следующим. Исследования проводятся в рамках плановых научно-исследовательских работ структурного подразделения РКК «Энергия» имени С.П. Королёва. Электромеханические блоки систем вентиляции и кондиционирования, насосных и вентиляторных агрегатов, систем стыковок космических аппаратов разных видов имеют двойное назначение, т.е. без принципиальных изменений могут применяться и в оборонной технике и, например, в системах вентиляции и кондиционирования воздуха на заводах химических волокон.

Исследования, рассматриваемые в докладе, выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) по проектам 15-08-99600-а, 16-08-01101-а.

Литература

1. Сыромятников В.С. Стыковочные устройства космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1984. 216 с.

И.Е. Таканова, студ.; рук. А.Н. Соломин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА БАЗЕ ИНДУКТОРНОЙ МАШИНЫ

В настоящее время в самых разных областях в составе электропривода широко применяются вентильные двигатели. Среди электрических машин, входящих в их состав, выделяются индукторные машины с обмоткой возбуждения, объединяющие в себе такое редкое сочетание качеств, как бесконтактность и возможность регулирования магнитного потока за счет изменения тока в обмотке возбуждения. Эти свойства являются востребованными в регулируемом электроприводе, в частности в тяговом электроприводе.

В число основных требований, предъявляемых к тяговому электроприводе, как правило, входят требования, ограничивающие массу, габаритные размеры двигателя, потребляемый и фазный токи, минимальное значение КПД. В силу этого проведение расчетных исследований, позволяющих сделать обоснованный выбор оптимального варианта, в наибольшей степени отвечающего предъявляемым требованиям, является актуальной задачей, стоящей перед разработчиками вентильных электромеханических систем.

Исследования проводились с помощью расчетной программы, разработанной на кафедре ЭКАО и ЭТ. Ее адекватность была подтверждена при разработке ряда вентильных двигателей различного назначения.

Программа реализует математическую модель, основанную на расчете магнитной цепи по малоузловым эквивалентным схемам замещения и методе мгновенных значений, и позволяет проводить расчет как мгновенных, так и интегральных значений основных показателей вентильных двигателей [1].

Для проведения расчетных исследований был выбран вентильный двигатель мощностью 35 кВт. В качестве базового алгоритма работы инвертора был выбран вариант широтно-импульсной модуляции с формированием синусоидального тока. Для номинального режима проведены исследования влияния основных геометрических и обмоточных данных, алгоритма управления и оптимизирована магнитная система вентильного двигателя с учетом выбранных критериев эффективности.

Литература

1. **Математическая** модель электромагнитных процессов в вентильных двигателях / А.М. Русаков, Н.А. Окунева, А.Н. Соломин, И.В. Шатова // Вестник МЭИ. 2007. № 3. С. 33—39.

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМЫХ ГИСТЕРЕЗИСНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПРЕЦИЗИОННЫХ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Гистерезисный электропривод [1] является основным для гироскопов с поплавковым подвесом ротора, динамически настраиваемых и других видов гироскопов с механическим носителем кинетического момента и электрическим приводом или электромеханических гироскопов [2]. Такие гироскопы широко применяются в приборах и системах ориентации, стабилизации, навигации и управления движением летательных аппаратов, обеспечивающих высокую и сверхвысокую точность: уход оси гироскопа на уровне 10^{-6} град/ч. Несмотря на развитие гироскопов, основанных на иных физических принципах: волоконно-оптических, микромеханических и других, прогнозируется, что электромеханические гироскопы наряду с ними в обозримом будущем будут также успешно применяться [2].

Новизна проведенных исследований подтверждается материалами работ ведущих профильных организаций, в частности Филиала ФГУП «ЦЭНКИ» «Научно-исследовательский институт прикладной механики им. академика В. И. Кузнецова». В нем выполнена работа, результаты которой рассматриваются в докладе. Личный вклад автора состоит в следующем:

- патентном поиске и аналитическом обзоре литературных источников;
- реализации предложений по совершенствованию математических моделей гистерезисных прецизионных микроэлектродвигателей;
- разработке малогабаритного синхронного гистерезисного электродвигателя для электропривода ротора электромеханического гироскопа.

Перспективы использования полученных результатов обусловлены направлениями исследований ведущих профильных организаций, а также интенсивным межотраслевым переносом электромеханических гироскопических технологий, происходящим в рамках создания продукции двойного назначения. В соответствии с ним гистерезисные электроприводы, аналогичные по структуре гироскопическим приводам, эффективно применяются в атомной, химической, текстильной и смежных с ними отраслях.

Исследования, рассматриваемые в докладе, выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) по проектам 15-08-99600-а, 16-08-01101-а.

Литература

1. **Проектирование** гистерезисных двигателей на ЭВМ / И.Н. Орлов, В.Б. Никаноров, А.П. Селезнёв, Г.А. Шмелёва. М.: МЭИ, 1991. 128 с.
2. **Пешехонов В.Г.** Современное состояние и перспективы развития гироскопических систем // Гироскопия и навигация. 2011. № 1 (72). С. 3—16.

А.Д. Федотов, студ.; рук. С.Ю. Останин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИСТЕРЕЗИСНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОВЫШЕННОЙ МОЩНОСТИ

Актуальность рассматриваемой проблемы обусловлена тем, что в современных условиях и в перспективе области применения гистерезисного электропривода [1] расширяются за счет отраслей техники и промышленности, в которых используются валковые, роликовые, сепараторные технологии: металлургической, сельскохозяйственной, пищевой, в частности мясомолочной и рыбной, промышленности. В значительной степени это обусловлено механической прочностью и стабильностью конструкции ротора гистерезисного электродвигателя и способностью эффективного управления рабочим магнитным потоком электродвигателя в составе электропривода с помощью напряжения электропитания. Для этого необходимы гистерезисные электроприводы с мощностями, в тысячи раз большими по сравнению с мощностями для традиционных областей применения.

Новизна проведенных исследований заключается в расчетно-теоретическом анализе вариантов и моделировании гистерезисного электропривода с существенно повышенной электромагнитной мощностью.

Личный вклад автора состоит в следующем:

- анализе литературы по реализации гистерезисного электропривода и по типовым нагрузкам, создаваемым указанными выше механизмами;
- оценке эффективности новых гистерезисных материалов, применяемых для активных частей роторов приводных электродвигателей;
- расчетном анализе рабочих показателей и характеристик гистерезисных электроприводов в основных режимах работы и управления.

Перспективы использования полученных результатов обусловлены реальностью их производственной и коммерческой реализации. Эффективность предлагаемого электропривода подтверждена при применении в технологических машинах с системами электропитания и электропривода с аналогичными структурами, в частности, на Федеральном государственном унитарном предприятии «Научно-исследовательский институт синтетического волокна с экспериментальным заводом» (г. Тверь).

Исследования, рассматриваемые в докладе, выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) по проектам 15-08-99600-а, 16-08-01101-а, 16-58-53123 ГФЕН-а, 15-58-53072 ГФЕН-а.

Литература

1. **Проектирование** гистерезисных двигателей на ЭВМ / И.Н. Орлов, В.Б. Никаноров, А.П.Селезнёв, Г.А. Шмельёва. М.: МЭИ, 1991. 128 с.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

Председатель секции — д.т.н., профессор П.А. Курбатов
Секретарь секции — к.т.н., доцент Е.А. Кузнецова

A. Fomin, stud. (MPEI); supervisors Dr.-Ing. S. Braeunig, Prof. Dr.-Ing. habil H. Toefer (TU Ilmenau, Germany), Prof. V.P. Lunin (MPEI)

WIRELESS MONITORING AND CLASSIFICATION SYSTEM OF ROAD TRAFFIC

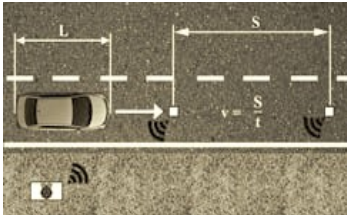


Fig. 1. Example of layout of sensors on the roadway and movements of the car

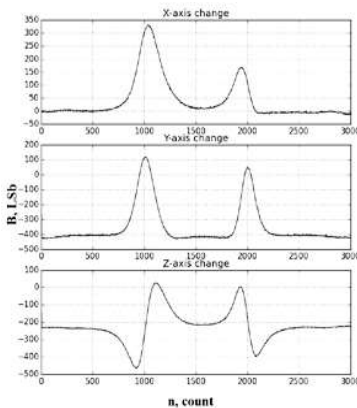


Fig. 2. Examples of the received signals

Monitoring of the transport and control of road traffic is an important task in optimization of transport infrastructure proceeding from a real situation of traffic congestion, and provides a number of useful applications, such as systems of navigation, electromobility and other.

The subsequent processing of the received signals allows realizing classification of transport in characteristic groups, such as cars, buses and public transport, trucks and motorcycles. Such division enables applications, such as systems for detecting offenses, e.g. driving of trucks through sections of roads unappropriated for this purpose or for collecting statistics of road traffic.

At the moment such statistics are gathered with use of surveillance cameras with subsequent processing by systems of computer vision, but in case of record in adverse conditions or at night, processing and classification is to be made manually.

Basis of the described system is a magneto-resistive sensor which measures changes of a magnetic field in case of car movement independent of weather conditions and time of day.

Data from the sensor are transferred by means of the controller with a built-in Wi-Fi module to the Raspberry Pi minicomputer on which the analysis of the received signals is made.

At the moment, the system uses two completely wireless sensors that allow to determine also the speed of the moving car and to study its influence on the received signal. Further extension of system using a wireless communication approach is under investigation.

Р.В. Богданов, студ.; рук. К.В. Крюков, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА ТОЧКИ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ НА МАТЛАВ МОДЕЛЯХ

С каждым годом возрастают объемы использования фотоэлектрических преобразователей (ФЭП). Это объясняется снижением цен на ФЭП.

Одним из важных условий при работе от ФЭП является работа в точке максимальной мощности, которая позволяет эффективней использовать ФЭП. В настоящее время создано множество алгоритмов отслеживания точки максимальной мощности. Для выявления наилучшего алгоритма для использования ФЭП в данной работе были сравнены существующие самые распространенные алгоритмы поиска точки максимальной мощности по результатам моделирования в программном комплексе Matlab. А именно: возмущение и наблюдение, метод нечеткой логики, метод управления пульсациями тока и напряжения [1]. Основными критериями сравнения были: зависимость или независимость от характеристик ФЭП, точность полученной точки максимальной мощности, скорость нахождения точки максимальной мощности. Анализ дает результаты, которые могут быть отражены в табл. 1.

Таблица 1

Таблица сравнения методов отслеживания точки максимальной мощности

Название метода ОТММ	Зависимость от характеристик ФЭП	Точность полученной ТММ	Скорость нахождения ТММ
Возмущение и наблюдение	Не зависит	Высокая	Варьируется
Метод нечеткой логики	Зависит	Высокая	Высокая
Метод управления пульсациями тока или напряжения	Не зависит	Высокая	Высокая

Литература

1. **Esram T. and Chapman P.L.** Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques // IEEE Transactions on energy conversion. June 2007. Vol. 22. No 2.

К.А. Былинина, студ.; рук. Е.Г. Акимов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ТАКТИКА И СТРАТЕГИЯ КОНКУРЕНТНОЙ БОРЬБЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭЛЕКТРОАППАРАТНОГО ПРОФИЛЯ

Важной задачей каждого производственного предприятия, в том числе специализирующегося на выпуске электроаппаратной продукции, являются достижение и поддержание конкурентного преимущества в своей отрасли.

Компании—производители электрических и электронных аппаратов постоянно находятся под влиянием различных рыночных факторов, таких как растущие требования потребителей к техническим характеристикам и функциональным возможностям аппаратов, сложность получения качественных материалов и комплектующих для их изготовления, конкурентная борьба с российскими и зарубежными изготовителями аналогичной продукции. Для успешного развития в этих условиях предприятие должно руководствоваться в своих действиях грамотно разработанной конкурентной стратегией, а также правильно и своевременно ставить и решать тактические задачи по продвижению своей продукции.

В данной работе предложен перечень предприятий—лидеров по производству электроаппаратной продукции в России, ранжированный по разработанной авторами методике с использованием критериев и весовых коэффициентов для определения рейтинга; приведены типы базовых конкурентных стратегий [1] с указанием примеров их применения отечественными производителями электрических аппаратов; рассмотрены конкретные тактические задачи, решаемые компаниями для достижения стратегических целей. Особое внимание уделено проблеме импортозамещения и связанным с ней вопросам конкурентоспособности и перспектив развития российских электроаппаратных предприятий.

Литература

1. **Портер Е. Майкл.** Конкурентная стратегия: методика анализа отраслей и конкурентов: пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.

Е.Н. Герасюто, студ.; рук. К.В. Крюков, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

РЕГУЛЯТОР ПОТОКОВ МОЩНОСТИ ДЛЯ ФЭП

Солнечная энергия – наиболее доступный вид возобновляемой энергии с точки зрения как материальных затрат конечного потребителя, так и географической доступности. ФЭП – источник электричества постоянного тока, характеристики которого сильно варьируются в зависимости от уровня освещенности отдельных ячеек и других внешних факторов, что требует применения высокоэффективных регуляторов и методов управления, позволяющих извлекать из ФЭП максимально возможную мощность при данных условиях.

Было установлено, что последовательное соединение солнечных панелей через собственные импульсные преобразователи напряжения, затем преобразование суммарного напряжения на шине постоянного тока в переменное – наиболее эффективный способ соединения ФЭП с сетью, так как имеется возможность извлечения максимально возможной мощности из каждой панели. Затенение отдельно взятой панели почти не сказывается на изменении суммарной мощности системы. В случае значительного уменьшения мощности данной панели можно исключить ее собственный регулятор напряжения из каскада, зашунтировав солнечную панель путем замыкания силового ключа повышающего регулятора.

В работе также представлены результаты компьютерного моделирования различных топологий соединения солнечных панелей с сетью, различных алгоритмов управления импульсными регуляторами и инвертором напряжения с целью выявления наиболее эффективных конфигураций [1].

Проведена оценка эффективности различных схемотехнических решений импульсных регуляторов и качества электроэнергии, отдаваемой в сеть. Проанализированы достоинства, недостатки и трудности применения каскадного соединения регуляторов напряжения при работе совместно с ФЭП.

Литература

1. **On the Control** of a Grid-Connected Photovoltaic Plant under Non-Uniform Insolation / M. Torres, C. Baier, J. Silva, J. Espinoza // IECON 2014 — 40th Annual Conference of the IEEE. Dallas, TX, 2014, October.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОАППАРАТНЫМ КОМПЛЕКСОМ ПОДЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА ЗАГРУЗКИ СКИПОВ

Одной из важнейших задач инженера является ускорение научно-технического прогресса, внедрение новых технологий, повышение уровня интенсификации промышленного производства.

Подземный комплекс загрузки скипов — это совокупность механизмов для дозированной загрузки горной массы в скипы. Он устанавливается в подземной камере около ствола и обеспечивает равномерную работу подъемных установок. Надежность работы загрузочных и разгрузочных устройств — одно из важнейших условий обеспечения бесперебойной работы подземного комплекса.

Изначально управление комплексом загрузки скипов было реализовано на релейно-контакторных схемах управления, собранных на реле, таймерах, счетчиках, элементах жесткой логики. При этом надежность работы схемы зависела от ее сложности. Рекомендовалось, чтобы каждый из силовых регулирующих аппаратов системы управления содержал не более одного компактного легкозаменяемого блока управления, а электрические соединения внутри блока выполнялись бы пайкой без разъемов [1]. В результате резкого сокращения объема внешней коммутации и числа разъемных соединений существенно повышалась надежность аппаратуры и практически отпадала задача поиска неисправного блока, которая для обслуживающего персонала невысокой квалификации представлялась достаточно сложной даже при наличии системы индикации неисправностей [1]. Также аппаратура управления имела минимальное количество регулировок для настройки после монтажа, так как их обилие увеличивало вероятность неправильных действий обслуживающего персонала [1]. Для замены релейно-контакторных схем были созданы программируемые логические контроллеры (ПЛК). Их отличительной особенностью стало то, что в них алгоритмы управления реализованы программно. Использование ПЛК позволило заменить одним устройством необходимое количество отдельных элементов релейной автоматики, что увеличило надежность системы, минимизировало затраты на ввод в эксплуатацию и обслуживание.

Литература

1. **Руководство** по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок. — 3-е изд., перераб. и доп. / В.Р. Бежок, В.Г. Калинин, В.А. Корсун и др. Донецк: «Донеччина», 2009.

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ В НЕОДНОРОДНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ МАГНИТОЖИДКОСТНОГО ГЕРМЕТИЗАТОРА

После заправки магнитной жидкости (МЖ) в рабочий зазор магнито-жидкостного герметизатора (МЖГ) происходит возрастание статического перепада давлений $\Delta p_{ст}$ до 70 %. Это обусловлено перераспределением начальной концентрации ферромагнитных частиц по объему МЖ в неоднородном магнитном поле МЖГ. Частицы стягиваются в области МЖ с наибольшей индукцией, но повышение их концентрации ограничивается силами отталкивания, обусловленными диполь-дипольным взаимодействием, действием защитных оболочек поверхностно-активных веществ на частицах и расклинивающим действием основы. Чем больше градиент магнитного поля в зазоре МЖГ, который для индукции может достигать $\nabla B = 1000$ Тл/м, тем сильнее перераспределение концентрации частиц по объему МЖ. Чем меньше перераспределение МЖ в неоднородном магнитном поле герметизатора с течением времени, тем выше ее стабильность, а значит, и постоянство эксплуатационных характеристик МЖГ, а именно критического перепада давлений, моментов трения (установившегося и страгивания).

Оценка стабильности свойств МЖ проводилась в однозубцовом уплотнителе, который представляет собой единичный зубец с МЖ в форме прямоугольной трапеции с углом при основании 45° , шагом 3 мм и величиной площадки 0,15 мм. Рабочий зазор составлял 0,15 мм. Величина максимальной индукции в единичном уплотнителе $B_m = 1,6$ Тл при градиенте $\nabla B = 500$ Тл/м. Объем заправки МЖ составлял $0,25 \cdot 10^{-4}$ м³. Скорость вращения вала уплотнителя 0,035 м/с при диаметре 0,02 м.

Были проведены краткосрочные испытания МЖ (в течение 11 суток) и длительные испытания в течение 360 суток. Число параллельных экспериментов было равно трем. Обработка результатов эксперимента проводилась при равномерном дублировании. Стабильность свойств МЖ определялась по изменению критического перепада давлений однозубцового уплотнителя в течение времени испытаний. При краткосрочных испытаниях увеличение перепада давлений составило 10 %. Дальнейших изменений перепада давлений однозубцового уплотнителя не наблюдалось в течение всего времени испытаний.

По результатам предложенной методики можно проводить оценку стабильности МЖ для МЖГ различного назначения и прогнозировать изменение эксплуатационных параметров герметизаторов с течением времени.

Г.Б. Зиборов, асп. (НИУ «МЭИ»),
рук. С.Е. Рывкин, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»), г.н.с. (ИГПУ РАН, Москва)

ВОЗМОЖНОСТИ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ МИКРОГЭС С АСИНХРОННЫМ ГЕНЕРАТОРОМ

Малая гидроэнергетика является перспективным источником возобновляемой энергии. МикроГЭС не требуют больших капитальных вложений, не нарушается жизнедеятельность растений и животных в процессе строительства и эксплуатации станции, имеется возможность располагать генерирующие установки в непосредственной близости от потребителя [1].

С точки зрения надежности и экономичности асинхронный генератор является перспективным решением для использования в микроГЭС.

Для поддержания стабильного напряжения и частоты на выходе микроГЭС при переменных характеристиках водяного потока и нагрузки используется полупроводниковый преобразователь.

Преобразователь может включаться как последовательно с обмотками статора асинхронного генератора, так и параллельно им. При параллельном включении преобразователя его мощность меньше, чем при последовательном включении.

В качестве преобразователя могут быть использованы [2]:

- 1) матричный преобразователь частоты (*AC-AC converter*), минимальное количество ключевых элементов – 9;
- 2) двойное преобразование энергии со звеном постоянного тока (*AC-DC converter + DC-AC converter*), минимальное количество ключевых элементов – 12; возможна конфигурация с неуправляемым выпрямителем и регулятором постоянного тока (*uncontrollable AC-DC converter + DC-DC converter + DC-AC converter*) — используется более 12 ключевых элементов;
- 3) включенный параллельно обмоткам статора статический компенсатор (*STATCOM*), минимальное количество ключевых элементов – 6. Компенсатор регулирует величину потребляемого им тока и сдвиг фаз между этим током и напряжением генератора. Напряжение на конденсаторе звена постоянного тока компенсатора должно поддерживаться на заданном уровне.

Литература

1. **Обухов С.Г.** Микрогидроэлектростанции. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.
2. **Справочник** по силовой электронике / Ю.К. Розанов, П.А. Воронин, С.Е. Рывкин, Е.Е. Чаплыгин. М.: Издательский дом МЭИ, 2014.

ОПТИМИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РАСХОДОМЕРА

В настоящее время в промышленности применяются электромагнитные расходомеры, неоспоримым достоинством которых является отсутствие гидродинамического сопротивления и подвижных механических элементов, высокая точность и быстродействие, простота обслуживания [1].

В данном докладе представлен анализ параметров, влияющих на точность измерений электромагнитного расходомера. Результаты моделирования приведены для различных конфигураций электромагнитного расходомера, в частности моделирование при различных формах и размерах электродов, моделирование при различных формах катушек, моделирование с заземляющими электродами (рис. 1). На рисунке представлена форма катушек, используемых в модели электромагнитного расходомера. В качестве величин, влияющих на конфигурацию поля, выступают расстояние R от центра трубы до обмоток катушек, а также угол α .

Данные результаты были получены при помощи моделирующего программного средства COMSOL Multyphysics. COMSOL Multyphysics является мощным инструментом при решении широкого круга задача с различными граничными условиями.

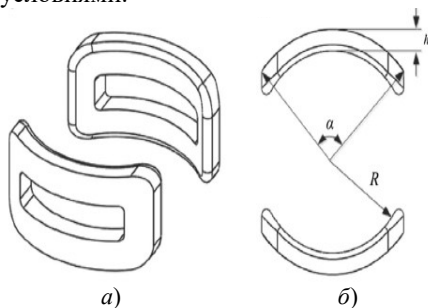


Рис. 1. Геометрическая модель пары катушек

Литература

1. **Coil shape** optimization of the electromagnetic flow meter for different flow profiles / Cao Z. et al. Flow Measurement and Instrumentation, 2014.

И.С. Кузин, студ.; рук. Н.А. Ведешенков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

К АНАЛИЗУ ГАШЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ В КОНТАКТОРАХ С ДУГОГАСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ В ВИДЕ ФЕРРОМАГНИТНОЙ СКОБЫ

Данная работа посвящена анализу влияния Пинч-эффекта и термического давления плазмы на гашение электрической дуги в контакторах с дугогасительной системой в виде ферромагнитной скобы.

Существуют несколько конструкций дугогасительных систем, а именно открытый разрыв – мостиковый контакт и дугогасительная решетка. Этим конструкциям посвящено множество публикаций. Последнее время появилась конструкция, про которую мало что известно и написано, это дугогасительная система с применением ферромагнитной скобы.

Электрическая цепь электрод – дуга – электрод вместе с подводящими проводниками образует контур. Движение «эластичного» проводника (дуги) будет происходить всегда только в сторону уменьшения плотности магнитных силовых линий H [1].

Можно считать, что в ферромагнитной массе благодаря ее высокой магнитной проницаемости магнитные силовые линии контура «стремятся» сконцентрироваться. Вследствие этого магнитное давление со стороны ферромагнитной массы снижается, что способствует уменьшению P_m . За счет скобы уменьшается напряженность магнитного поля вокруг дуги, магнитное давление ослабевает, что способствует увеличению диаметра дуги. Сила взаимодействия между элементарными носителями тока (электронами и ионами) и ферромагнитной массой увеличивается и возрастает диффузия зарядов из промежутка. Попадание заряженных частиц на ферромагнитную скобу, последовательно электронов и ионов приведет к их рекомбинации. Необходимо проведение соответствующих исследований для выявления степени влияния каждого из названных факторов [2].

Литература

1. Залесский А.М. Электрическая дуга отключения. М.: Государственное энергетическое издательство, 1963.
2. Таев И.С. Электрические контакторы и дугогасительные устройства аппаратов низкого напряжения. М.: Энергия, 1973.

ПОСТРОЕНИЕ АВТОМАТНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В КОМПЛЕКСАХ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Традиционный подход к изучению взаимодействия электрических коммутационных аппаратов, основанный на теории релейно-контакторных схем, не может отразить динамику взаимодействия аппаратов во времени с учетом последовательности событий. Поэтому затруднительным является процесс верификации системы взаимодействующих аппаратов.

Теория детерминированных конечных автоматов позволяет представить электрический аппарат как математический объект и перейти к имитационному моделированию поведения как отдельных устройств, так и комплекса взаимодействующих аппаратов [1].

Автоматные компьютерные модели были реализованы в комплексе имитационного моделирования AnyLogic. С их помощью решались задачи функциональной идентификации и верификации технических решений комплексов взаимодействующих аппаратов для управления электроэнергией. Разработано формальное описание рассматриваемых аппаратов. Подготовлены демонстрационные и обучающие модели.

Диаграмма состояний электромеханического узла аппарата Reflex (положения главных и сигнальных контактов)

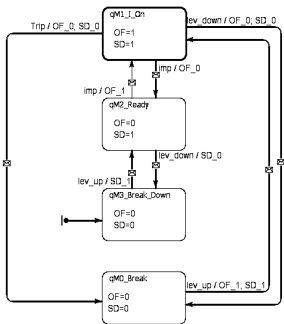


Диаграмма состояний электронного устройства управления электромагнитом аппарата в режиме работы №3 (схема подключения 2)

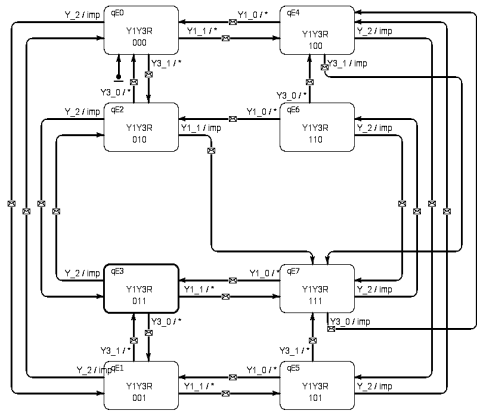


Рис. 1. Интерактивная модель модульного выключателя с внешним приводом

Литература

1. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. — 2-е изд.: пер. с англ. / Д. Хопкрофт, Э. Мотвани, Раджив, Ульман, Джеффри Д. М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. 528 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ МАГНИТАМИ В МАГНИТОЖИДКОСТНОМ ДАТЧИКЕ УГЛА НАКЛОНА

Для определения выходных характеристик разработанных конструкций магнитожидкостных датчиков угла наклона (МЖДУН) [1] необходимо определить зависимость силы взаимодействия магнитов, входящих в магнитную систему датчика.

В целях исследования силы взаимодействия магнитов была разработана экспериментальная установка. Она состоит из двух частей: весов, на которых устанавливается один из исследуемых магнитов и опоры, к которой крепится консоль с держателем для второго исследуемого магнита. Оба магнита установлены соосно друг относительно друга, причем один из них имеет возможность перемещения в вертикальном направлении. Для центрирования магнитов в состав установки входят немагнитопроводящие направляющие.

Для обеспечения подвеса чувствительного элемента внутри корпуса датчика [2] применяются «закритические» постоянные магниты. Для исследований были выбраны магниты КС-37, Ч36Р и 16БА190.

На рис. 1 представлены экспериментальные зависимости силы взаимодействия между кольцевыми магнитами различных размеров. Результаты экспериментальных исследований сравнивались с расчетными данными, полученными в программном комплексе FEMM. Величина относительной погрешности расчетных и экспериментальных данных составила не более 12 %.

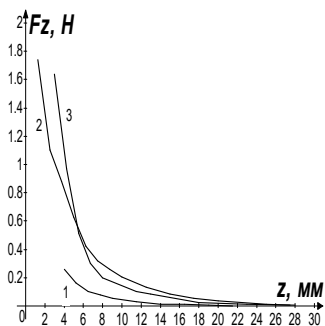


Рис. 1. Экспериментальное исследование силы взаимодействия между магнитами: 1 — Ч36Р К 9×5×2; 2 — КС-37 К15×10×5; 3 — КС-37 К12×8×2

Литература

1. Морозова Д.Ю., Сайкин М.С. Магнитожидкостное устройство для определения угла наклона. Патент на полезную модель №158774 МПК G01C 9/00 (2001.01). Приоритет от 27.05.2015, опублик. 20.01.2016, Бюл. №2.
2. Морозова Д.Ю., Сайкин М.С. Влияние параметров чувствительного элемента магнитожидкостного датчика угла наклона на силу подвеса // Датчики и системы. 2015. № 7. С. 15—18.

ОБЗОР МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЯМР АНАЛИЗАТОРОВ

Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) стал прекрасным помощником в сфере новых исследований. ЯМР спектроскопия широко применяется при исследовании жидкостей, разнообразных биохимических реакций. С помощью ЯМР анализатора можно измерить содержание влаги в почве, бетонных блоках, провести контроль качества продукта. Магнитно-резонансная томография позволяет детально изучать сложные процессы, протекающие в живых объектах.

Существуют факторы, которые тормозят развитие исследований, такие как стоимость оборудования, огромные размеры устройств, строгие условия размеров изучаемых объектов. Благодаря этому приборы ЯМР не представляется возможным использовать в промышленности.

Миниатюризация систем — одна из важнейших задач, которые ставят перед собой инженеры и исследователи. Уменьшение ЯМР позволит открыть новые возможности и методы исследований [1].

За счет уменьшения размера магнита напряженность и однородность магнитного поля могут ухудшаться. Это оказалось неприемлемым, однако надежные и мобильные датчики удалось создать на основе постоянных магнитов. Более приемлемые габариты позволили широко использовать ЯМР анализаторы [2].

Целями данной работы было провести обзор литературных источников; проанализировать представленные магнитные системы, а также рассчитанные данные по распространению магнитного поля над поверхностью системы; смоделировать магнитную систему и сравнить расчетные и представленные данные.

В ходе работы изучены конструкции магнитных систем, приведен анализ полученных данных. Далее было проведено моделирование магнитной системы миниатюрного ЯМР анализатора с использованием программного обеспечения.

Литература

1. **Blumich B., Perlo J., Casanova F.** Mobile single-sided NMR. Institute of Technical and Macromolecular Chemistry, D-52056 Aachen, Germany.
2. **Oligschläger D., Kupferschläger K.** Miniature mobile NMR sensors for material testing and moisture-monitoring. Springer-Verlag, Wien, 2014.

К.С. Лунев, студ.; рук. Н.А. Ведешенков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВОССТАНАВЛИВАЮЩЕЙСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ КОНТАКТНОГО ПРОМЕЖУТКА ОТ КОНФИГУРАЦИИ КОНТАКТНО-ДУГОГАСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

В электрических сетях большую долю используемых аппаратов защиты занимают автоматические выключатели (АВ). Поэтому данный вид коммутационных аппаратов должен иметь высокий показатель надежности, важным критерием которого является коммутационная способность, которая в свою очередь зависит от дуговых процессов, проходящих в контактно-дугогасительной системе (КДС).

Электрическая дуга — явление исключительно сложное. В процессе отключения цепи дуговой разряд сменяется другими видами газового разряда, кроме того, определяющая стадия нарастания прочности промежутка протекает в течение очень коротких отрезков времени; при переменном токе их длительность измеряется десятками-сотнями микросекунд [1].

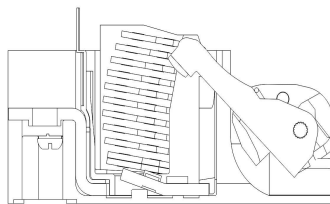


Рис. 1. КДС автоматического выключателя OptiMat E250

Анализ различных конфигураций КДС и выявление зависимостей восстанавливаемой прочности от ряда различных факторов являются важными задачами для построения рациональных конструкций КДС аппаратов с достаточно малым временем горения дуги, небольшим выделением энергии и повышенным сроком службы, а также понимания физики дуговых процессов при успешной коммутации электрических сетей.

Литература

1. Таев И.С. Электрическая дуга в аппаратах низкого напряжения. М.; Л.: Энергия, 1965.

МАГНИТНАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ВОЗДУШНОГО ЗАЗОРА С ФЕРРОМАГНИТНЫМ СТРУЖЕЧНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ

Проблемой проектирования устройств с ферромагнитным стружечным наполнителем в рабочем зазоре, например ячеек объемной очистки воды с использованием магнитной жидкости, является отсутствие данных при учете свойств ферромагнитного наполнителя в расчете магнитной цепи устройства. Неизвестными являются плотность заполнения рабочего объема, характер расположения пластинок наполнителя и его магнитные свойства. Исследования показывают, что физические свойства стружки отличны от свойств собственно материала: плотность элементов наполнителя, их магнитные свойства.

Проведен теоретический расчет влияния характера расположения элементов наполнителя и их размеров на проводимости воздушного зазора. Получены коэффициенты изменения магнитных проводимостей зазора при предельно возможных положениях элементов наполнителя. Выполнена лабораторная установка для исследования влияния объемного заполнения рабочего зазора ферромагнитным наполнителем и значений внешнего магнитного поля на проводимость рабочего зазора. Площадь рабочего зазора составляла $105 \times 105 \text{ мм}^2$, а его значение 30 мм. Результаты исследования представлены на рис. 1.

Теоретический расчет предполагает регулярное расположение элементов наполнителя в объеме. Была построена кривая коэффициента заполнения рабочего объема элемента наполнителя с реальными размерами при разных зазорах между элементами. По результатам экспериментального заполнения зазора было найдено значение эффективного зазора между

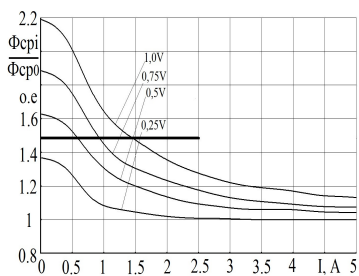


Рис. 1. Зависимости относительного магнитного потока при разном заполнении рабочего зазора

элементами ферромагнитного наполнителя в теоретическом исследовании. Значение этого зазора составляет 0,967 мм. Это позволяет соотнести результаты теоретического расчета и практического исследования. На рис. 1 горизонтальной линией показаны аналогичные результаты теоретического расчета при полном заполнении рабочего зазора без учета насыщения ферромагнитного наполнителя. Полученные соотношения могут быть использованы при проектировании.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОКОГРАНИЧИВАЮЩЕГО УЗЛА АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

Токоограничивающий эффект используется для отключения токов короткого замыкания (КЗ). Токоограничение в автоматических выключателях осуществляется с помощью электромагнитного расцепителя, который обеспечивает практически мгновенное срабатывание автоматического выключателя при возникновении в защищаемой цепи токов КЗ [1].

В работе был рассмотрен автоматический выключатель А-3716. Задача заключалась в том, чтобы изменить конструкцию механизма для улучшения токоограничивающего эффекта.

Результаты моделирования в режиме КЗ приведены в табл. 1 и на рис. 1.

По рис. 1 наглядно видно, что с помощью проделанного отверстия с КЗ витком протекающий по подвижному контакту ток КЗ был вытеснен ближе к контактам, что увеличило силу Лоренца. Увеличение воздействия силы Лоренца показывает, что предложенное техническое решение работает, так как это ускорит срабатывание механизма расцепления.

Таблица 1

Результаты моделирования автоматического выключателя А-3716
в режиме КЗ

Опыт	F_i в подвижном контакте, H
Оригинальный контактный узел	4,7945
Контактный узел с короткозамкнутым витком	5,1318

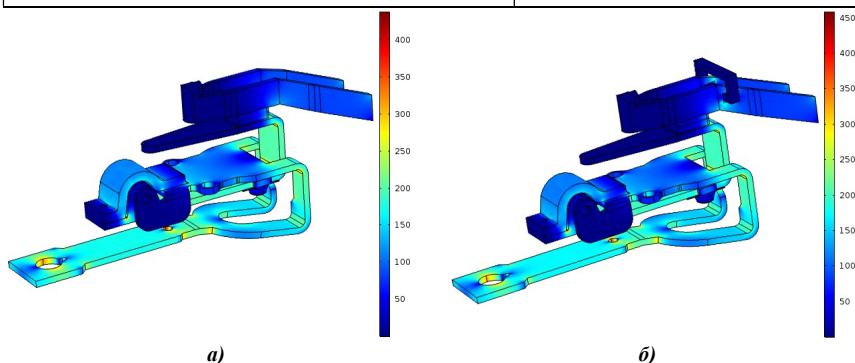


Рис. 1. Анализ распределения плотности тока оригинального контактного узла (а) и контактного узла с КЗ витком (б)

Литература

1. Arc Phenomena in low-voltage current limiting circuit breakers / A.B. Thompson, G. Richardson, P. Dellar et al. 13 February 2010.

МОДУЛЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА БАЗЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Фотоэлектрический преобразователь (ФЭП) – это электронный прибор, преобразующий энергию фотонов в электрическую энергию. Однако для работы системы с ФЭП требуется согласование с сетью переменного тока.

Структура с микроинвертором представляет собой инвертор, непосредственно соединенный с одним модулем ФЭП. Устройство обладает небольшими габаритами, имеет возможность отследить точку максимальной мощности (ТММ) модуля ФЭП. Недостаток заключается в сложности конструкции микроинвертора, так как напряжение, получаемое в ТММ, мало по сравнению с тем, что необходимо получить на выходе.

В работе была рассмотрена бестрансформаторная система с ФЭП на базе микроинвертора, топология которого была предложена в [1]. В программном комплексе Matlab была составлена компьютерная модель инвертора на базе двух параллельно соединенных инвертирующих регуляторов (рис. 1, а). На выходе каждого из регуляторов формируется смещенное

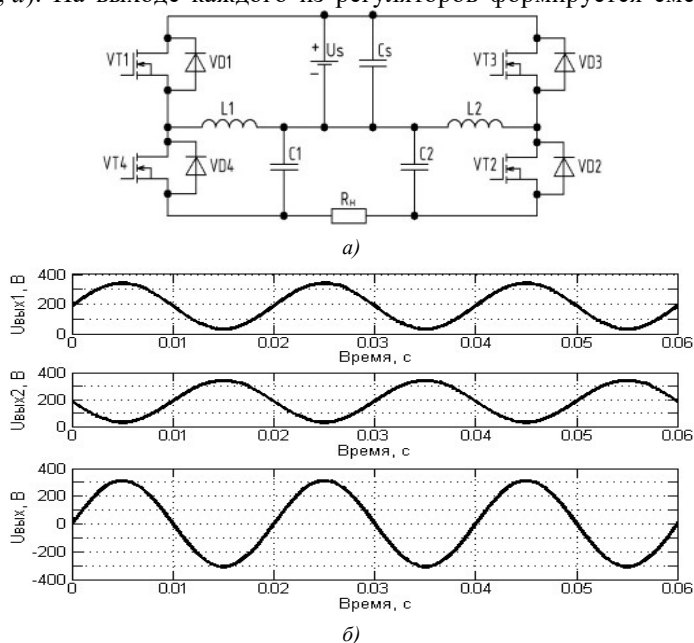


Рис. 1. Инвертор, предложенный в [1] (а) и выходное напряжение каждого из регуляторов в отдельности и напряжение на нагрузке (б)

относительно нуля на величину U_{dc} синусоидальное напряжение. Выходные напряжения регуляторов находятся в противофазе (рис. 1, б). В результате на выходе формируется синусоидальное напряжение с частотой 50 Гц и действующим значением 220 В, определяемое как

$$U_{\text{ВЫХ}}(t) = U_{\text{ВЫХ2}}(t) - U_{\text{ВЫХ1}}(t), \quad (1)$$

где $U_{\text{ВЫХ}}(t)$ — зависимость выходного напряжения инвертора от времени; $U_{\text{ВЫХ1}}(t)$, $U_{\text{ВЫХ2}}(t)$ — зависимости выходного напряжения от времени на конденсаторах C_1 и C_2 соответственно.

В работе рассмотрена методика расчета параметров силовой части регуляторов постоянного тока, а также методика разработки системы управления, позволяющей отслеживать ТММ модулей ФЭП.

Литература

1. **Analysis** and experimental study of the buck, boost and buck-boost inverters / N. Vaquez, J. Almazan, J. Alvarez, C. Aguilar, J. Arau // Power Electronics Specialists Conference, Charleston, 1999.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА С КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ ГАШЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ

Значение электрической дуги для промышленности неоднозначно. Во многих ее отраслях электрическая дуга играет положительную роль, например в дуговых электрических печах или в дуговой электросварке. Однако для электрических аппаратов дуга представляет собой крайне нежелательное явление, которое может стать причиной разрушения оборудования [1].

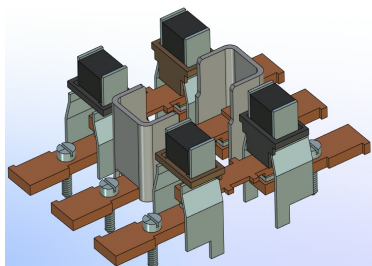


Рис. 1. Контактная система контактора GA-75-10

В данной работе исследуется однополюсный контактор постоянного тока с катушкой переменного тока АBB GA-75-10. Изучаемый аппарат имеет комбинированную систему дугогашения: на четырех разрывах установлены постоянные магниты, на двух других — ферромагнитные скобы. Дугогасительная система контактора показана на рис. 1.

В процессе выполнения работы исследовано влияние различных факторов на процесс горения и гашения электрической дуги: наличие постоянных магнитов, ферромагнитных скоб, комбинированное гашение, изменение давления, наличие и отсутствие индуктивной нагрузки.

После проведения испытаний были сделаны следующие заключения о влиянии различных факторов на процесс гашения электрической дуги постоянного тока. Присутствие постоянного магнита в системе дугогашения снижает время горения дуги. Скоба действует на дугу путем расширения ее канала, что способствует ее гашению с незначительным перенапряжением. Отсутствие давления в камере (снятая крышка контактора) увеличивает время горения дуги, так как степень ионизации падает с ростом давления [2]. Помимо изменения системы дугогашения при проведении испытаний изменялось количество разрывов.

Литература

1. Залесский А.М. Электрическая дуга отключения. М.: Государственное энергетическое издательство, 1963.
2. Таев И.С. Электрические аппараты. М.: Энергия, 1977.

ТРЕХФАЗНЫЙ ИНВЕРТОР НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ИСТОЧНИКА БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ

В современном мире получили широкое распространение компьютерные технологии. Для обеспечения стабильной работы пользуются источниками бесперебойного питания (ИБП), позволяющими мгновенно подключать резервные источники питания [1].

В данной работе рассматривается одноуровневый трехфазный инвертор напряжения с системой управления «аналоговая ШИМ» (ШИМ СУ) [2] с полосно-заграждающим (режекторным) фильтром на выходе инвертора. Одним из существенных минусов аналоговой ШИМ СУ является большой коэффициент гармонических искажений напряжения ($K_{ги}$), составляющий порядка 85 %. Наибольшую амплитуду имеют гармоники, кратные частоте несущего сигнала. Для уменьшения $K_{ги}$ применен режекторный фильтр. Коэффициент гармонических искажений напряжения удалось уменьшить до требуемых значений ($K_{ги} = 2,75 \%$) согласно ГОСТ 13109—97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

В работе представлен расчет номиналов компонентов фильтра, выбраны реальные элементы. Также реализована электрическая схема цепи управления ключами трехфазного инвертора ИБП. По результатам моделирования были выбраны компоненты для инвертора.

На рис. 1 приведена схема режекторного фильтра для двух из трех фаз; параллельные звенья (L3R3C3 и L6C6R6) соединены «треугольником».

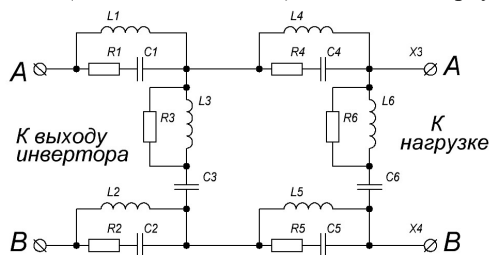


Рис. 1. Схема полосно-заграждающего фильтра

Литература

1. Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В., Кваснюк А.А. Силовая электроника. М.: Издательский дом МЭИ, 2007.
2. Климов В.П., Портнов А.А., Зуенко В.В. Топологии источников бесперебойного питания переменного тока (ИБП) // Электронные компоненты. 2003. № 7.

РАСЧЕТ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ВНУТРИТРУБНОГО МАГНИТНОГО ДЕФЕКТΟΣКОПА ПОПЕРЕЧНОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ

Среди всех существующих методов сплошного контроля состояния трубопроводов наиболее предпочтительным является неразрушающий метод диагностики. Дефектоскопия как разновидность неразрушающего контроля способна обеспечить качество, надежность и безопасность эксплуатации трубопроводного транспорта России [1].

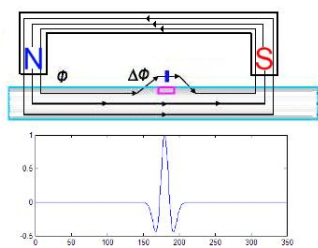


Рис. 1. Магнитная система

В данной работе рассчитывается магнитная система магнитного внутритрубного дефектоскопа поперечного намагничивания. Метод неразрушающего контроля, основанный на магнитных потоках рассеяния (англ. Magnetic flux leakage), находит все большее применение для контроля трубопроводов и выявления коррозии, трещин и других дефектов [2]. Основное преимущество данного метода заключается в том, что он позволяет обнаруживать дефекты сплошности материала как на поверхности, так и по всей толщине трубопровода, что обеспечивает высокую производительность контроля. Простой пример магнитной системы приведен на рис. 1. Система состоит из постоянных магнитов и магнитопровода. Постоянные магниты создают магнитный поток и намагничивают стенку трубы до насыщения. Намагничивание стенки трубопровода до насыщения обуславливает наличие потока рассеяния над объектом контроля. В результате нарушения сплошности появляется дополнительный поток рассеяния, который регистрируется датчиком.

В процессе выполнения работы была создана модель магнитной системы внутритрубного магнитного дефектоскопа поперечного намагничивания с помощью программного комплекса Comsol Multiphysics, исследовано влияние различных факторов на магнитные процессы дефектоскопии.

Литература

1. Абакумов А.А. Магнитная интроскопия: учебное пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1996.
2. Канайкин В.А, Матвиенко А.Ф. Разрушение труб магистральных газопроводов. Екатеринбург, 1999.

РЕДУКТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ТАНГЕНЦИАЛЬНЫМ ПОЛЕМ ВОЗБУЖДЕНИЯ

Редукторные электромеханические преобразователи (РЭП) оптимизированы для работы при низких скоростях вращения и могут найти широкое применение в различных низкоскоростных приводах.

Преобразователь имеет низкую скорость вращения благодаря тому, что использует в качестве основного рабочего магнитного поля поле зубцовых гармоник, которое имеет достаточно большое число пар полюсов. Особенность конструкции преобразователя с тангенциальным полем возбуждения (рис.1) в том, что ПМ ротора намагничены по касательной, это позволяет достичь высокого значения магнитной индукции в воздушном зазоре и высокой плотности крутящего момента.

Исследование заключалось в создании математической модели магнитной системы преобразователя и ее анализа в программном пакете Comsol Multiphysics [2].

В результате рассчитанная конструкция обладает характеристиками, представленными в табл.1

Таблица 1

Характеристики рассчитанной конструкции

T_m , кНм/м ³	P , кВт	M , Н·м	f , Гц	n , об/мин	η , %
75,8	4,98	476	50	100	86

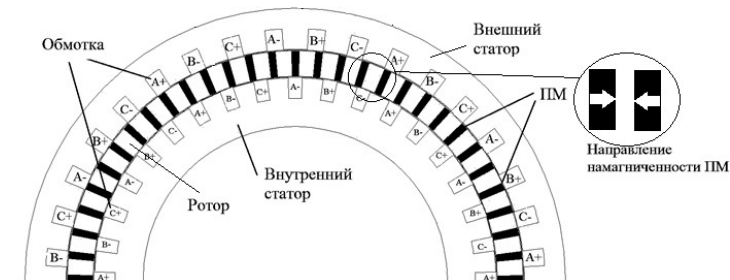


Рис. 1. Конструкция РЭП с тангенциальным полем возбуждения

Литература

1. **Akio Toba**. Generic Torque-Maximizing Design Methodology of Surface Permanent-Magnet Vernier Machine // IEEE Transactions on industry applications. November/December 2000. Vol. 36. No 6. P. 1539—1546.

2. **Comsol Multiphysics**. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.comsol.ru/>

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО НИЗКОЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

На данный момент в мире наблюдается быстрое и перспективное развитие технологий, связанное с моделированием и изготовлением низкочастотных преобразователей для гашения вибраций, возбуждаемых работой машин и механизмов морских объектов и рассчитанных на большие усилия.

Развиваемое электромеханическим устройством усилие должно быть не менее 160 Н в частотном диапазоне от 6 до 10 Гц.

В данной работе был проведен анализ существующих низкочастотных вибрационных устройств. Была разработана мягкая пружина с низким коэффициентом упругости, способная работать на больших перемещениях и выдерживать большую массу, при этом с высокой линейностью. Разработана полная модель для расчета всей системы, в которой электрическая, магнитная и механическая подсистемы связаны между собой через коэффициенты электромеханической связи [1].

Для моделирования использовалось современное апробированное программное обеспечение COMSOL Multiphysics.

Готовая модель низкочастотного электромеханического преобразователя представлена на рис. 1. На ней показаны две пружины с высокой линейностью и высокой радиальной жесткостью, два постоянных магнита и катушка.

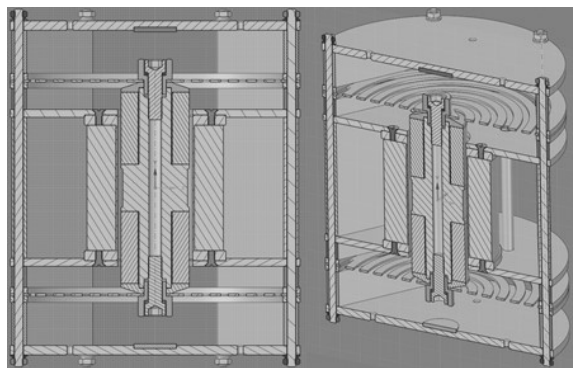


Рис. 1. Готовая модель преобразователя

Литература

1. **Курбатов П.А.** Основы теории электрических аппаратов. М.: Издательство «Лань», 2015. 592 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО РАСХОДОМЕРА

В настоящее время большое внимание уделяется точности измерения расхода газов и жидкостей, особенно это остро ощущается в сфере газодобычи и нефтедобычи. Наиболее точным и перспективным является ультразвуковой метод, достоинством которого является отсутствие гидродинамического сопротивления и подвижных механических элементов, простота обслуживания.

В основу конструкции входят два электромагнитно-акустических (ЭМА) преобразователя, устанавливаемые на трубу, в которой протекает газ или жидкость. Оба передатчика могут попеременно как передавать, так и принимать сигнал. Ультразвуковой импульс пересекает поток жидкости от одного датчика к другому. При отсутствующем потоке импульсы передаются с одинаковой скоростью в обоих направлениях. При протекании жидкости импульс в направлении потока проходит быстрее, а импульс, идущий против течения, пройдет медленнее. После определения времени прохождения данных импульсов расходомер рассчитывает скорость прохождения потока [1]. Пример такого расходомера представлен на рис. 1.

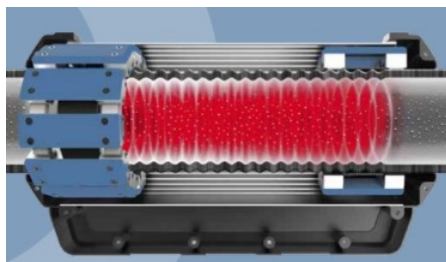


Рис. 1. ЭМА расходомер компании ROSEN

В процессе выполнения работы создана модель ЭМА расходомера с помощью программного комплекса Comsol Multiphysics, исследовано влияние различных факторов на магнитные и акустические процессы работы.

Литература

1. A von Jena, V Magory. Ultrasound gas-flow meter for household application, 1993.

Ю. Б. Церковский, асп.; рук. Ю.К. Розанов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ВЛИЯНИЕ ПАРАЗИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ НА КОММУТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ИНВЕРТОРЕ

В первом приближении при моделировании инверторов, как правило, учитываются только основные параметры элементов, такие как прямое напряжение и сопротивление диода, сопротивление канала полевого транзистора, динамические характеристики полупроводниковых приборов [1].

Область применения подобного подхода — сравнительно маломощные устройства, в которых возможно применение ключей в облегченных режимах, однако и в этом случае возможны нежелательные последствия в виде увеличения потерь при переключениях и повышения уровня излучаемых радиопомех.

В случае моделирования сильноточных устройств неучтенные паразитные параметры могут привести к полной неработоспособности реального устройства вследствие выхода ключей из строя. Также определенные проблемы представляет разброс паразитных параметров элементов.

В работе исследовано влияние разброса параметров паразитных элементов при работе параллельно соединенных ключей на общую нагрузку, что характерно для описанной в [2] установки. Установлено, что в случае параллельного соединения силовых ключей с различной паразитной индуктивностью без принятия необходимых мер по выравниванию тока распределение тока между ключами в динамическом режиме может быть настолько неравномерным, что приведет к выходу ключей из строя.

Кроме того, энергия, запасенная в паразитных индуктивностях, может стать причиной выхода ключей из строя вследствие перенапряжения при выключении.

В работе проанализированы различные способы ослабления негативного влияния паразитных элементов, даны практические рекомендации по выполнению силовой части инвертора.

Литература

1. **Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В., Кваснюк А.А.** Силовая электроника. М.: Издательский дом МЭИ, 2007.
2. **Церковский Ю.Б.** Анализ электромагнитных процессов в испытательных установках с емкостным накопителем энергии: магистерская диссертация. М., МЭИ, 2014. 77 с. (фонд НЧЗ).

АДАПТИВНАЯ ФУНКЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ КРУТЯЩИМ МОМЕНТОМ В УСТРОЙСТВАХ ПЛАВНОГО ПУСКА

Устройство плавного пуска предназначено для плавного пуска и останова электродвигателей путем линейного увеличения или снижения напряжения. Тем не менее, линейное изменение напряжения не всегда обеспечивает линейное изменение крутящего момента или скорости.

В таком случае применяется функция управления крутящим моментом. При плавном изменении напряжения увеличивается или уменьшается не напряжение, а крутящийся момент. Это делается с помощью петли регулирования, в которой путем измерения напряжения и тока вычисляется крутящийся момент (рис. 1). Управление крутящим моментом особенно актуально для останова насосов, где внезапное снижение скорости может привести к гидроударам и скачкам давления, которые могут вызвать огромный механический износ насоса, клапанов и системы труб [1].

При выполнении останова с плавным изменением напряжения оно начинает уменьшаться сразу после получения команды. Тем не менее, по мере уменьшения напряжения будет возрастать ток. В связи с тем, что двигатель будет пытаться остаться в своем нынешнем состоянии, но крутящийся момент зависит как от напряжения, так и от тока, он будет оставаться более или менее неизменным. По прошествии определенного периода времени, в течение которого напряжение достаточно снизится, произойдет быстрое падение тока и крутящего момента, а двигатель резко остановится.

При управлении крутящим моментом постепенно снижается не напряжение, а крутящийся момент. При этом двигатель сразу же замедляется, управляемое замедление выполняется вплоть до полного останова [1].

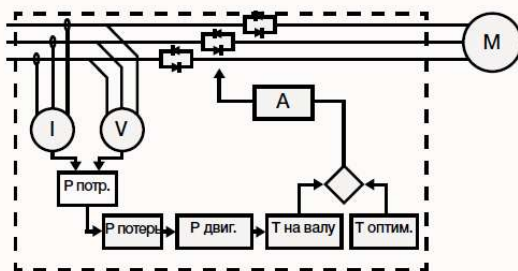


Рис. 1. Алгоритм управления крутящим моментом

Литература

1. Jansson J., Shumeev I. Учебное пособие по выбору и применению устройств плавного пуска. АББ, 2016. 92 с.

ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИКА

*Председатель секции — зав. каф. АЭП к.т.н., доцент
А.С. Анучин
Секретарь секции — к.т.н., доцент Д.А. Благодаров*

*А.В. Алейников, асп.; рук-ли В.А. Мартынов, д.т.н., проф. ;
А.Н. Голубев, д.т.н., проф. (ИГЭУ, г. Иваново)*

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ СИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С УЛУЧШЕННЫМИ ВИБРОШУМОВЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Широкое распространение синхронных двигателей с постоянными магнитами и развитие современных микропроцессорных средств делают актуальным создание алгоритмов управления электроприводами с улучшенными энергетическими и виброшумовыми показателями. К ним относится устранение пульсаций электромагнитного момента и радиальных сил, действующих на зубцы статорного кольца и являющихся основным источником электромагнитных шумов [1].

Разработанные математические модели [2], учитывающие реальную геометрию машины и насыщение стали и позволяющие в режиме реального времени вычислять значения электромагнитного момента и радиальных сил могут быть использованы в качестве наблюдателя состояния. Реализация данных математических моделей на микропроцессоре позволит в каждый момент времени вычислять, какие значения фазных токов необходимы для поддержания электромагнитного момента на заданном значении и снижения разницы между максимальной и минимальной радиальными силами, действующими на зубцы статора. На низких частотах вращения двигателя, где поддержание постоянства момента является наиболее актуальным, возможно использовать подчиненное регулирование, подавая на вход контура управления током задание, рассчитанное по математической модели. При оптимальной настройке регуляторов быстрогодействия будет достаточно для того, чтобы контур тока успевал отрабатывать меняющееся во времени задание. На высоких частотах вращения двигателя требуется система управления, в которой будет проводиться расчет напряжений необходимых для создания заданной формы тока.

Расчеты показали, что полностью устранить пульсации радиальной силы посредством системы управления не представляется возможным, однако предложенный алгоритм позволяет значительно их снизить.

Литература

1. **Голубев А.Н., Лапин А.А.** Многофазный синхронный регулируемый электропривод / Иваново: Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина, 2008.

2. **Мартьянов В.А., Голубев А.Н., Алейников А.В.** Математическое моделирование режимов работы многофазных синхронных двигателей с постоянными магнитами // Вестник ИГЭУ. 2013. № 2.

РАЗРАБОТКА КОПЛАНАРНОЙ ШИНЫ

Для соединения компонентов звена постоянного тока в преобразователе частоты используются кабельные линии. Но каждый реальный проводник обладает паразитной индуктивностью, которая является важным параметром силовой цепи в импульсных преобразователях. Так как IGBT-ключи коммутируются с высокой скоростью, то наличие этой индуктивности приводит к перенапряжению на коллектор-эмиттере при запираании транзистора и может превысить допустимое значение напряжения, способное вызвать пробой транзистора.

Применение же копланарных шин вместо проводов позволило добиться уменьшения паразитной индуктивности и таким образом повысить безопасность работы инвертора.

При проектировании преобразователя частоты была разработана трехслойная копланарная шина, представляющая из себя чередующиеся проводящие и изолирующие тонкие пластины. Данная шина представлена на рис. 1.

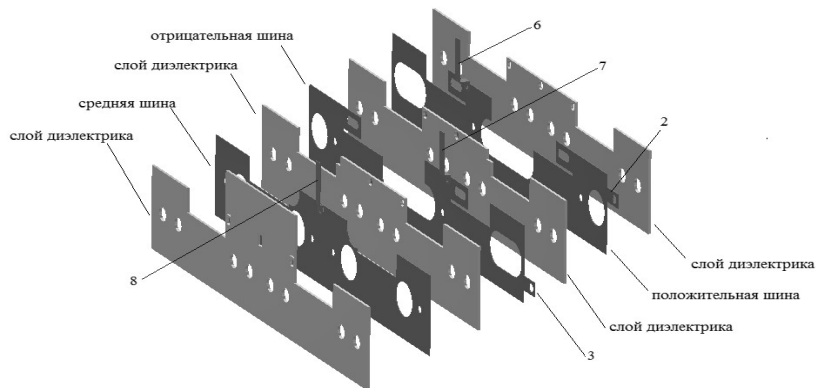


Рис. 1. Конструкция шины звена постоянного тока

А.О. Битько, студ.; рук. Л.Н. Рассудов, к.т.н., асс. (НИУ «МЭИ»)

ГРАФИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕЙС ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ НАЛАДКИ МНОГООСЕВЫХ СЕРВОПРИВОДОВ

Эксплуатация и настройка современных электроприводов невозможны без высокоразвитого пользовательского интерфейса, к которому традиционно предъявляются повышенные требования как по функциональности и удобству отображения и анализа информации, так и по надежности, безопасности в эксплуатации, защите от случайных ошибок пользователя. Проработанность интерфейса является ключевым фактором, позволяющим оператору быстро и качественно настроить электропривод для решения конкретной задачи – для обеспечения максимальной точности, производительности и энергоэффективности.

В настоящее время на кафедре автоматизированного электропривода НИУ «МЭИ» ведутся разработки широкого спектра электротехнического оборудования для прецизионных применений [1,2], требующего наладочного интерфейса: одно- и многоосевые мехатронные модули, блоки управления, системы измерения, активные фильтры и др.

Настоящая работа посвящена разработке графического интерфейса пользователя для наладки прецизионных многоосевых сервоприводов с параллельной кинематикой. При этом задача унификации интерфейсов и протоколов обмена данными является особенно важной. Это необходимо для обеспечения возможности оперативного расширения функционала интерфейса для работы с другими устройствами, разрабатываемыми на кафедре АЭП.

Литература

1. **Разработки** прецизионной мехатроники в ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ» // А.П. Балковой, Л.Н. Рассудов, Г.А. Сливинская и др. // Электротехника. 2015. № 1. С. 9—12.

2. **Новые** разработки линейного сервопривода на кафедре АЭП НИУ «МЭИ»// А.П. Балковой, Л.Н. Рассудов, Г.А. Сливинская и др. // Труды VIII Международной (XIX Всероссийской) конференции по автоматизированному электроприводу АЭП-2014. Саранск, 2014. Т.2. С. 13—17.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КОМПЕНСАЦИИ ИСКАЖЕНИЙ ВЫХОДНЫХ СИГНАЛОВ ДАТЧИКА УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ТИПА «ИНДУКЦИОННЫЙ РЕДУКТОСИН»

В работе описываются методы компенсации искажений выходных сигналов датчика угловых перемещений – индукционного редуктосина [1] (бесконтактного синусно-косинусного вращающегося трансформатора), который используется для организации обратной связи по положению в составе электропривода поворотного стола.

В докладе рассматривается двухотсчетная версия редуктосина [2]. Конструкция включает в себя два датчика с различным числом периодов выходного сигнала (или коэффициентом электрической редукции) на один оборот ротора редуктосина. Значение электрической редукции первого датчика $N_1 = 120$, значение электрической редукции второго датчика $N_2 = 119$. Такая компоновка при соответствующем способе обработки выходных сигналов датчиков позволяет получить абсолютное значение угла внутри одного оборота. Способ получения абсолютного значения угла базируется на анализе таблицы абсолютного редуктосина, построенной заранее, в процессе программной инициализации системы обработки сигналов датчика.

Неточность установки редуктосина, различие электрических параметров сигнальных обмоток, а также повышение температуры окружающей среды приводит к появлению искажений выходных сигналов редуктосинов, следовательно, к увеличению погрешности измерения угла и потере стабильности и точности определения абсолютного положения. Основные виды искажений — смещение нуля, разница амплитуд и неквадратурность выходных синусно-косинусных сигналов. В работе исследуются методы компенсации указанных искажений, рассматривается ряд подходов реализации коррекции в «онлайн» режиме и с использованием заранее построенных корректирующих таблиц. Особое внимание уделяется идентификации и коррекции искажений выходных сигналов редуктосина, вызванных ростом температуры окружающей среды.

Литература

1. **Ахметжанов А.А.** Электромеханические преобразователи угла с электрической редукцией. М.: Энергия, 1978.
2. **Толстых О.А.** Разработка и исследование калиброванного электропривода с вентильным двигателем. Дисс....канд. техн. наук. М., МЭИ, 2010.

Е.В. Володин, студ.; рук. О.И. Осипов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СИНХРОННОГО ПРИВОДА ГЕРМЕТИЧНОГО ЭЛЕКТРОНАСОСА

В производстве судовых герметичных насосов все большее применение находит синхронный электропривод [1,2]. В связи с особенностями конструкции, исключающими установку датчика положения и наличие токопроводящей гильзы, обоснованным является применение бездатчиковой векторной системы управления.

Рассматривается электропривод питательного электронасоса (ГЭН 60-550) для реализации плавного частотного пуска с выходом на заданную частоту вращения ротора электродвигателя, длительную устойчивую работу электронасоса на заданной частоте вращения и регулирование его частоты вращения и мощности.

Выполнено математическое моделирование бездатчиковой векторной системы управления и представлена ее реализация на синхронной машине с постоянными магнитами мощностью 5,5 кВт. Экспериментально исследуется векторная бездатчиковая система на синхронной машине мощностью 170 кВт без гильзы и экспериментальное исследование непосредственно на герметичном электронасосе.

Литература

1. **Анучин А.С.** Системы управления электроприводом. М.: Издательский дом МЭИ, 2015.
2. **Токарев Б.Ф.** Электрические машины. М.: Энергоатомиздат, 1990.

Н.Н. Дульнев, студ.; рук. Ю.М. Сафонов, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

В настоящее время переоценить значение электрического привода в промышленности невозможно, недаром он потребляет большую часть электрической энергии, вырабатываемой в мире. Именно поэтому исследования в области энергетики электропривода являются важными и даже необходимыми, так как могут привести к разработке средств и способов минимизации потерь, т.е. экономии.

Для исследования режимов работы был разработан стенд, силовая часть которого состоит из современного общепромышленного оборудования производства компании Siemens. Электромеханическая часть представлена двумя асинхронными двигателями, валы которых соединены посредством муфты. Машины подключены к электрической сети через преобразователи частоты (ПЧ) SINAMICS G120 с возможностью рекуперации энергии в сеть. К примеру, при осуществлении рекуперативного торможения управляемый выпрямитель ПЧ с помощью программного обеспечения модуля CU250S обеспечивает экономию энергии, которую можно оценить и пронаблюдать благодаря анализатору качества энергии Klea фирмы Klemann, установленному между вводным автоматом и преобразователем.

В ходе испытаний был рассмотрен гармонический состав токов и напряжений, перекос фаз, искажение электрической сети института до и во время работы системы ПЧ-АД. Также были проведены аналогичные измерения при работе привода от потенциально-развязанной сети соизмеримой мощности и рассмотрено влияние работы преобразователя на нее, что часто имеет место на реальных промышленных объектах.

Результатом проведенной работы является подробный отчет, состоящий из таблиц с экспериментальными данными, графиками и рисунками, иллюстрирующими проделанные опыты и возможности применяемого оборудования.

Д.С. Еленский, студ.; рук. М.Г. Тяпкин, к.т.н., асс. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ ДЛЯ АКТИВНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ

Фазовая автоподстройка частоты (ФАПЧ) — система автоматического регулирования, подстраивающая фазу управляемого объекта так, чтобы она была равна фазе опорного сигнала либо отличалась на известную функцию от времени. ФАПЧ широко используется в радиотехнике, телекоммуникациях, компьютерах и других электронных устройствах [1].

Система ФАПЧ может с высокой скоростью и точностью передавать синхронизирующие сигналы и при этом быть невосприимчивой к электромагнитным помехам.

В последнее время методы ФАПЧ активно используются для синхронизации преобразователей с активными выпрямителями, питающихся от сети. Существуют три основных метода: синхронный ФАПЧ (SF-PLL), ФАПЧ на базе вычисления активной и реактивной мощности (PQ-PLL) и ФАПЧ с двойным контуром синхронизации (DSF-PLL) [2,3].

При работе преобразователя возможен перекося сетевых напряжений, что приводит к появлению дополнительной реактивной мощности, проявляющейся в виде второй гармоники ошибки слежения ФАПЧ. Метод с двойным контуром синхронизации (DSF-PLL) выделяет с помощью фильтра амплитуду второй гармоники и использует эти данные для подавления колебаний.

Данная работа будет направлена на подробное исследование и моделирование метода с двойным контуром синхронизации (DSF-PLL) и модернизацию его с помощью разработки адаптивного фильтра низких частот с целью повышения быстродействия системы.

Литература

1. **Chung S.** A phase tracking system for three phase utility interface inverters // IEEE Trans. Power Electron. May 2000. Vol. 15. P. 431—438.
2. **Xiao-Qiang GUO, Wei-Yang WU, He-Rong GU.** Przegląd elektrotechniczny (Electrical Review). R. 87. P. 182—185. NR 4/2011.
3. **Decoupled Double Synchronous Reference Frame PLL for Power Converters Control** / P. Rodriguez, J. Pou, J. Bergas et al. // IEEE Trans. Power Electron. Mar. 2007. Vol. 22. No 2. P. 584—592.

*С.К. Жанайдарова, А.Г. Монгуш, студенты;
рук. С.Н. Решетняк, к.т.н., доц. (НИТУ МИСИС, Москва)*

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА БУРОВОГО СТАНКА В РЕЖИМЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА

В настоящее время развитие горнодобывающей отрасли сопровождается повышением уровня потребления энергоресурсов. Рост потребления энергоресурсов в значительной степени сказывается на себестоимости добычи полезного ископаемого. Поэтому следует уделить особое внимание вопросу энергосбережения на предприятиях горнодобывающей отрасли [1].

Одним из решений данного вопроса является разработка энергоэффективного электромеханического резонансного режима работы электроприводов органов резания. Резонансные режимы до недавнего времени являлись одной из причин преждевременного выхода из строя ряда механических частей горных машин. Поэтому разрабатывался ряд способов по их демпфированию, однако при увеличении ресурса горной машины снижается ее производительность, в частности для буровых установок подобное снижение производительности может достигать 30—35 % [2].

Существуют исследования, позволяющие ввести ряд горных машин контролируемого резонанса с целью улучшения показателей производительности и снижения потребления электрической энергии и, как следствие, повышения энергетической эффективности оборудования за счет снижения удельных энергозатрат. Однако эти исследования не в полной мере описывают процессы электромеханического резонансного режима работы при двух видах возмущающего воздействия: внешним задающим и внешним возмущающим.

Использование электромеханического резонансного режима работы позволит значительно снизить себестоимость продукции горнодобывающего предприятия за счет снижения издержек на бурение взрывных и разведочных скважин.

Литература

1. **Фащиленко В.Н.** Структурный анализ и синтез рационального управления электромеханическими системами горных машин: Дисс. ... докт. техн. наук. М.: Моск. гос. горный ун-т, 2004. 513 с.
2. **Ляхомский А.В., Фащиленко В.Н.** Оптимизация энергетических процессов резания горного массива средствами электропривода // Автоматизированный электропривод АЭП – 2001. Н. Новгород, 2001. С. 206—208.

ОБЗОР МЕТОДОВ КОМПЕНСАЦИИ ЭФФЕКТА «МЕРТВОГО ВРЕМЕНИ» СИЛОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

На сегодняшний день в электроприводе огромную роль играют управляемые полупроводниковые приборы, на базе которых создаются различные преобразователи электрической энергии. Однако при работе с транзисторами (ключами), возникают различные проблемы, вызванные неидеальностью приборов. Одной из наиболее актуальных проблем является наличие «мертвого времени» — периода времени между выключением одного ключа и включением другого, расположенных в одной стойке преобразователя, которое вводится для предотвращения короткого замыкания через стойку. Эта временная задержка вносит ошибки и искажения в форму выходного тока и напряжения.

Современные методы компенсации эффекта «мертвого времени» делятся на аппаратные, реализуемые с помощью драйверов управления ключами, и программные, реализуемые в системе управления преобразователем. Этой теме посвящено большое количество статей. Из них можно выделить следующие программные методы компенсации:

1) коррекция с помощью калибровочной таблицы [1], которая содержит ошибки напряжения в функции тока. Затем эта функция добавляется в задание вектора напряжения;

2) компенсация фазных напряжений, с помощью измерения фазных токов и датчика нулевого перехода на базе цифрового фильтра [2];

3) компенсация среднего значения напряжения переключения на каждом периоде после расчета ошибки в dq координатах [3];

4) приведение реальной гистерезисной характеристики переключения к идеальной введением временной задержки управляющего сигнала [4].

В докладе отражены исследование и сравнение основных методов компенсации с целью дальнейшей реализации в разрабатываемой системе управления электроприводом.

Литература

1. Толстых О.А. Разработка и исследование калиброванного электропривода с вентильным двигателем // Труды МЭИ, 2010.
2. M. Pöllä. Comparison of predictive FIR-Based zero-crossing detection methods.
3. Jong-Lick Lin. A New Approach of Dead-Time Compensation for PWM Voltage Inverters, 2002.
4. Konvicny P. Dead-Time Compensation Method for Vector-Controlled VSI Drives Based on Qorivva Family, 2014.

РАЗРАБОТКА ДАТЧИКА ТОКА УТЕЧКИ ДВИГАТЕЛЯ

В современном электроприводе необходимо оперативно определять аварийные режимы работы и применять соответствующие меры защиты. Для контроля изоляции проводников применяются датчики тока утечки.

Данный датчик необходим для определения пробоя изоляции проводников на выходе преобразователя, которые питают двигатель. Датчик представляет собой измерительный трансформатор тока (ТТ), который крепится на печатную плату, с разведенной на ней схемой усиления (рис. 1), которая может состоять из двух или более усилителей /каскадов [1].

Ток утечки определяется как дифференциальный ток, т.е. сумма токов в проводниках, проходящих через ТТ.

Схема усиления усиливает сигнал с выхода ТТ. Коэффициент усиления схемы определяется произведением коэффициентов усиления каскадов, входящих в схему. Стоит отметить, что коэффициент усиления может рассчитываться по-разному в зависимости от того, как выполнен каскад и какой конкретно усилитель в нем используется [2].

При питании двигателя от преобразователя частоты с ШИМ ток утечки фиксируется в виде меандра, амплитуда которого пропорциональна величине сопротивления пробоя на землю, а период равен периоду ШИМ.

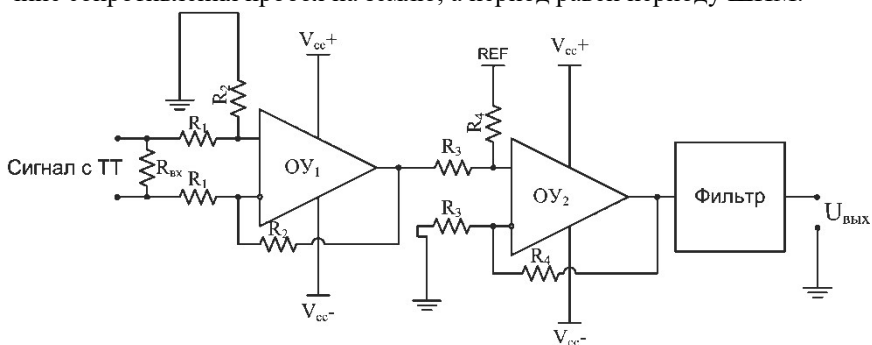


Рис. 1. Двухкаскадная схема усиления сигнала с трансформатора тока

Литература

1. Анучин А.С. Системы управления электроприводов. М.: Издательский дом МЭИ, 2015.
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. М.: Мир, БИНОМ, 2010.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РУЛЕВОГО ПРИВОДА, ПРИМЕНЯЕМОГО В СОСТАВЕ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Летательный аппарат (ЛА) — это техническое устройство, которое предназначено для полетов в воздушном или космическом пространстве. Для управления полетом летательного аппарата на его борту применяются аэродинамические рули, перемещения которых должны подчиняться закону управления с помощью приводов. В качестве такого привода может быть использован электрический рулевой привод. Электрической рулевой привод летательного аппарата оснащается системой автоматического регулирования.

Создание системы автоматического регулирования является сложной многовариантной задачей. Разработка такой системы – процесс долгий и требующий больших материальных затрат. Одним из путей сокращения этих затрат является моделирование будущей системы. На этапе моделирования можно рассмотреть различные схемы реализации системы и получить начальные данные о том, как будет работать конкретная схема, какие пути для улучшения ее показателей существуют [1].

Момент на рули летательного аппарата передается от электрического рулевого привода (ЭРП). ЭРП состоит из электрической рулевой машины ЭРМ и устройства управления электрической рулевой машиной УУ ЭРМ. Последнее состоит из микропроцессорного контроллера МПК и усилителя мощности УМ.

Компонентами ЭРМ являются:

- вентильный двигатель;
- планетарно-эксцентриковый редуктор;
- датчик угла.

Предъявляемые к ЭРМ требования по высокому быстродействию при минимально возможных габаритах и массе и минимально возможном потреблении электроэнергии относятся не только к вентильному двигателю, но и к понижающему редуктору.

В ходе работы планируется рассмотреть следующие задачи: провести синтез и моделирование системы, разработать плату усилителя мощности и рассчитать экономическую эффективность разрабатываемого изделия.

Литература

1. **Чемоданов Б.К.** Следящие приводы. М.: Издательство МГТУ им.и Н.Э. Баумана, 2003.

*В.К. Капитонец, Д.С. Карпuxина, студенты;
рук. А.Н. Ладыгин, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЗИЦИОННЫМИ ЭЛЕКТРОГИДРОПРИВОДАМИ НА ПРИМЕРЕ СТАНА ТВС 1500

Известно, что в современной промышленности широко используются гидроприводы, а электрические системы управления обеспечивают им высокую точность и надежность [1]. В настоящей работе рассматриваются особенности построения системы управления позиционным электрогидроприводом, примененным на стане короткооправочного волочения ТВС1500. Этот стан предназначен для получения труб сложного профиля из заготовок круглого сечения. В состав стана входят механизмы, оснащенные гидроприводом, в числе которых привод проталкивателя заготовки и привод поддерживающих роликов, управление ими и рассматривается авторами.

Существенным различием рассматриваемых приводов является то, что гидроцилиндры проталкивателя механически связаны общей кареткой, а привод поддерживающих роликов имеет четыре механически не связанных гидроцилиндра — по одному гидроцилиндру на каждый ролик. Правильный выбор структуры соответствующей системы управления не является тривиальной задачей, так как особенности управления гидравлической системой исключают одновременное управление по трем контурам: контуру положения, скорости и усилия [2].

Авторами проанализированы требования к точности отработки положения, синхронности работы и ограничению усилий в рассматриваемых приводах. В качестве основы предложенных систем управления рассматриваемыми приводами взята одинаковая структура с двумя контурами управления – контуром скорости и положения. Для снижения динамической ошибки по положению регулятор положения выполнен с каналом предупредания. Функция устранения перекоса осуществляется путем внесения в задание скорости рабочего органа корректировки относительной разности хода штоков гидроцилиндров. Для ограничения усилия предусмотрено переключение на контур регулирования усилия по достижении уровня, превышающего номинальное.

В докладе представлены результаты модельных и натуральных экспериментов, подтверждающие эффективность примененных решений.

Литература

1. Шмит А. Учебный курс гидравлики. Издательство «Маннессманн Рексрот ГмбХ», 2003.
2. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учебник для машиностроительных вузов. М.: Машиностроение, 1982. 423 с.

*В.Д. Ковалёв, М.Г. Степанов, А.А. Черняков, А.В. Ковалёв,
Е.Ю. Фёдорова, студенты; рук. Н.Н. Строев, к.т.н., доц.
(Филиал МЭИ в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИЛЫ

Замена ручного труда на автоматизированные процессы является одной из главных задач научно-технического прогресса. При всей сложности и высокой стоимости роботов их эффективное использование возможно лишь при обеспечении внешних условий, адекватно воспринимаемых сенсорами и программой управления. Альтернативным вариантом является так называемая малая автоматизация, основанная на использовании технических объектов, снижающих долю ручного труда и повышающую его эффективность. Мотокары, автопогрузчики широко используются в различных областях промышленности, строительства и сельского хозяйства. Обычно они представляют собой полнофункциональные машины, в которых человек исполняет роль управляющего звена. Все усилия и механические перемещения в таких машинах выполняются двигателями по управляющему воздействию человека. Естественно, техническая сложность машины определяет ее высокую стоимость и невысокую надежность.

В данной работе предложена система, обеспечивающая компенсацию физических усилий человека, возникающих при перевозке грузов в так называемом ручном транспорте (тележки, тачки и т.д.). Подобные средства широко используются как в гражданских, так и военных областях. Цель работы – разработка устройства компенсации механической тяги при перевозке грузов на ручном транспорте.

Основной задачей разработки стал поиск технически несложного решения, универсального для многих ручных операций. В качестве сенсоров в системе решено было применить тензодатчики и датчик угла поворота. С их помощью должно определяться механическое усилие, которое должно компенсироваться электромеханической системой. Разработанная система состоит из блока тензодатчиков, датчика угла поворота, микроконтроллера с формирователями управляющих напряжений, силового модуля с MOS-FET-ключами для управления двигателями, исполнительных двигателей постоянного тока привода колес и аккумулятора [1]. Элементная база подобрана таким образом, что разработанное устройство может эксплуатироваться при температурах от -30 до $+40^{\circ}\text{C}$, а использование специального корпуса обеспечит пыле- и влагозащищенность.

Литература

1. **Хоровиц П.** Искусство схемотехники: справочное руководство М.: Мир, 2011.

Е.С. Кулик, студ.; рук. А.С. Анучин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ОБРАБОТКИ GPS-ТРЕКА ТРАНСПОРТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ГИБРИДНОЙ ТРАНСМИССИИ

На этапе проектирования гибридной трансмиссии важно знать, какую мощность и в какие моменты времени должна будет развивать силовая установка. Это позволит оптимально подобрать между собой параметры трансмиссии: объем и мощность двигателя внутреннего сгорания (ДВС), мощности генератора и электродвигателя, электрического преобразователя, емкость накопителя. Этим на стадии разработки исключается ряд проблем, таких как: нехватка емкости накопителя при пиковых требованиях к мощности, установка неоправданно мощного ДВС — лишнее потребление топлива, неоптимальный баланс между массой и емкостью накопителя.

Разработан математический аппарат, рассчитывающий кинематические параметры транспорта (ускорения транспорта в прямоугольной системе координат и радиус поворота) по GPS-треку, снятому во время эксплуатации. Обработав их, легко получить зависимость требуемой мощности от времени. Проверка адекватности полученной модели проводилась путем сравнения траектории движения, снятой GPS-треком (как эталонная) с траекторией движения с расчетными ускорениями (интерполированная траектория).

И.А. Минаков, асп.; рук. М.Г. Тяпкин, к.т.н., асс. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗРЯДНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА РАЗРЕШЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Прецизионный электропривод находит широкое применение в областях промышленности, где предъявляются высокие требования к точности позиционирования, повторяемости, динамике электропривода [1]. К ним относятся робототехника, машиностроение, лазерные машины, микроэлектроника, медицинская техника. Современный уровень технологического развития в этих областях часто требует разрешения (разрядности) позиционирования рабочего органа на уровне единиц и долей нанометров, поэтому актуальной задачей является исследование основных факторов, оказывающих влияние на разрешение позиционирования электропривода.

Настоящая работа посвящена исследованию влияния различных параметров на разрешение позиционирования электропривода. Рассмотрен существующий электропривод на базе планарного синхронного двигателя и сервоусилителя, приведены результаты, полученные с реального объекта, описана методика определения разрешения по току и положению. Описана модель в среде Simulink MatLab, на которой исследовано влияние различных параметров на разрешение позиционирования электропривода.

Результаты исследования позволили выявить зависимость разрешения позиционирования от разрешения (разрядности) измерительной системы по току и положению. В результате на модели удастся значительно увеличить разрешение позиционирования за счет только модернизации измерительной системы по току и положению.

Следующим этапом работы является исследование влияния разрешения измерений по току и положению, а также параметров настройки наблюдателя скорости и положения на динамические показатели электропривода.

Литература

1. Балковой А.П., Цаценкин В.К. Прецизионный электропривод с вентильным двигателем. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. 328 с.

Т.Н. Морозова, студ.; рук. Л.Н. Рассудов, к.т.н., асс. (НИУ «МЭИ»)

ПОСТРОЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ВЕНТИЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK

Одним из важнейших этапов при разработке современных электроприводов (ЭП) и их компонентов является компьютерное моделирование, позволяющее опробовать на ранних стадиях проекта предполагаемые к использованию технические решения [1].

Среди разнообразия программ для моделирования в электроприводе благодаря своей универсальности находит широкое применение пакет MatLab [2]. При этом перед разработчиком моделей стоят следующие основные требования:

- модель должна отражать все существенные в данной задаче свойства объекта;
- время расчета модели должно быть минимальным;
- время построения модели должно быть минимальным;
- процесс внесения изменений по возможности должен быть простым.

Настоящая работа посвящена анализу возможности максимального удовлетворения перечисленных требований при разработке моделей ЭП с вентильным двигателем [3,4] в среде MatLab Simulink.

Рассматриваются вопросы оптимизации настроек MatLab для моделирования ЭП с цифровой системой управления, возможности стандартных библиотек для создания эффективных моделей ЭП. Наибольшая производительность при построении моделей может быть достигнута при использовании специализированной библиотеки компонентов ЭП с вентильным двигателем, разработке которой посвящена настоящая работа.

Литература

1. **Разработки** прецизионной мехатроники в ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ» / А.П. Балковой, Л.Н. Рассудов, Г.А. Сливинская и др. // Электротехника. 2015. № 1. С. 9—12.
2. **Герман-Галкин С.Г.** Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MatLab 6.0: учебное пособие. СПб.: КОРОНА принт, 2001. 320 с.
3. **Балковой А.П., Цаценкин В.К.** Прецизионный электропривод с вентильным двигателем. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. 328 с.
4. **Rassudov L.N., Balkovoi A.P.** Dynamic model exact tracking control of a permanent magnet synchronous motor / 2015 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 - Proceedings 21—23 May 2015, Omsk, Russia // IEEE, 2015.

*М.А. Орехов, Е.В. Крымская, студенты;
рук. Д.А. Благодаров, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В ТЕПЛИЦАХ

Управление микроклиматом играет важную роль для человека в различных сферах его жизнедеятельности: от поддержания рабочей атмосферы в крупных офисах до производства и хранения овощной продукции. Ведь вопросы круглогодичного выращивания овощей в теплицах требуют постоянного контроля многих параметров: влажности, температуры, поддержание уровня естественного освещения. Необходимый контроль за этими факторами требует внедрение системы автоматизации, обеспечивающей не только соблюдение всех норм, но и учитывающей специфические требования к параметрам микроклимата для каждого выращиваемого растения.

Автономная теплица не требует постоянного контроля за процессом выращивания. Она оборудована системой управления освещением, автоматическим поливом, возможностью обогрева грунта и воздуха. Интересным решением является реализация проекта автономной сезонной теплицы, система управления которой основана на базе программируемого логического контроллера с использованием интеллектуальной системы управления на базе искусственных нейронных сетей, эффективных в условиях информационной недостаточности [1]. Модели, созданные на основе нейронных сетей, позволяют с течением времени накапливать полученные знания и самообучаться.

В результате работы ожидается обобщить возможности и результаты нейросетевого подхода для управления микроклиматом теплиц.

Литература

1. **Повышение** эффективности работы теплиц. Потенциал современной науки / Д.А. Благодаров, Л.О. Гостева, Ю.М. Сафонов и др. // XXVI Международная научная конференция «Научный потенциал современной России» / под ред. М.Ю. Левина, 12 сентября 2016 г. Липецк: ООО «Максимал информационные технологии», 2016. № 6. С. 20—23.

Н.Н. Подзоров, студ.; рук. М.Г. Бычков, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МОДЕРНИЗАЦИЯ СТАНКА ГОРЯЧЕГО ТИСНЕНИЯ ФОЛЬГОЙ

Любое оборудование начинает устаревать, уступая современным аналогам по производительности. Для повышения производительности покупают новые станки или модернизируют старые.

В станке типа СН-400, который предназначен для горячего тиснения фольги на крышки бутылочных изделий, используются двигатели фирмы MITSUBISHI. Двигатели используются в движении поворотного стола, прижме фольги к крышке и намотке/размотке фольги на бобину. Для поддержания фольги в натянутом состоянии между двигателями намотки/размотки используется пневматическая система.

Без модернизации станок обеспечивает производительность 30—35 крышек в минуту, а современные аналоги при идентичной механике дают производительность 50—55 крышек в минуту. Для натяжения фольги используется пневматическая система, которая издает большой шум и ухудшает рабочие условия. Панель управления оператора запрограммирована так, что для управления/изменения параметров станка требуется дополнительное обучение персонала.

Было принято решение модернизировать станок. Для этого проведен расчет мощностей, выбор серводвигателей и сервоприводов (преобразователей) серии sigma 5 фирмы YASKAWA.

Проведен выбор контроллера MP2300S фирмы YASKAWA, который будет управлять сервоститемами (двигатель+преобразователь) по сети MECHATROLINK-II. Для реализации управления пишется программа в MotionWorks IEC Pro, соответствующая технологическому циклу станка.

Проведен выбор сенсорной панели оператора EW107AA000 фирмы ESA. Разрабатывается новый графический интерфейс в связи с уходом от пневматического поддержания натяжения фольги.

После написания программы управления для контроллера и составления графического интерфейса для сенсорной панели оператора будут проведены пусконаладочные работы станка. По завершению модернизации станка можно будет модернизировать аналогичные модели, затратив при этом меньше времени на написание программ и графического интерфейса.

М.А. Пожидаева, студ.; рук. О.И. Осипов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

Шахтные подъемные установки (ШПУ) относятся к числу основных механизмов горнодобывающей промышленности. Выбор типа установки зависит как от предъявляемых к ней технологических требований, так и различных внешних факторов, обусловленных местом расположения установки, климатических условий и т.п. [1].

В работе рассматривается клетевая подъемная установка рудника «Октябрьский», которая служит для спуска/подъема людей, оборудования, технологических материалов и взрывчатых веществ.

В настоящее время электропривод подъемной установки работает по системе «генератор – двигатель» (Г—Д). Система Г—Д имеет ряд существенных недостатков, таких как: низкий КПД из-за многократного преобразования энергии, высокие массогабариты, низкие динамические свойства [2].

Для снижения затрат на эксплуатацию и содержание оборудования, а также для повышения надежности был предложен вариант замены системы Г—Д на электропривод по системе «тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока» (ТП—Д) с микропроцессорным управлением на основе серии устройств SinamicsDCM фирмы Siemens. Совместно с современной системой управления, защит и технологической автоматики, выполненной на базе контроллеров фирмы Siemens, электропривод по системе ТП—Д обеспечивает точное выполнение заданных диаграмм движения подъемных сосудов в двигательном и тормозном режимах, долговременную надежную работу, высокий уровень сервиса и диагностики.

Литература

1. Димашко А.Д., Гершиков И.Я., Кревневич А.А. Шахтные электрические лебедки и подъемные машины. М.: Недра, 1973.
2. Ключев В.И. Теория электропривода. М.: Энергоатомиздат, 2001.

Е.К. Самыгина, студ.; рук. Л.Н. Рассудов, к.т.н., асс. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУР УПРАВЛЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННОГО СЕРВОПРИВОДА С ВЕНТИЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

На сегодняшний день все более широкое применение в машиностроении находят прецизионные электроприводы (ЭП), обеспечивающие высокоточную обработку заданных траекторий перемещения (при лазерной резке и т.п.). При создании таких систем движения используют прецизионные сервопривода, которые чаще всего оснащаются вентильными двигателями (ВД), построенными на синхронных машинах с постоянными магнитами, работающими в режиме самокоммутации [1].

Требуемая точность и скорость воспроизведения траектории ЭП достигается за счет использования целого комплекса мер: упрощения кинематики, использования точных датчиков координат ЭП и специализированных электромеханических преобразователей, оптимального построения системы управления (СУ) [2—5]. Для повышения эксплуатационных характеристик электропривода существенный интерес представляет совершенствование СУ [6], так как требуемые капитальные затраты при этом минимальны.

Настоящая работа посвящена исследованию некоторых вариантов реализации СУ сервопривода на предмет обеспечения высокой траекторной точности с учетом дискретизации сигналов по времени и уровню, шумов входных сигналов, а также вариации параметров ЭП.

Литература

1. **Балковой А.П., Цаценкин В.К.** Прецизионный электропривод с вентильным двигателем. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. 328 с.
2. **Балковой А.П., Рассудов Л.Н.** Система управления прямого прецизионного электропривода // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: матер. 71-й межрег. науч.-техн. конф. Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2013. Т. 2. С. 52—56.
3. **Rassudov L.N., Balkovoi A.P.** Dynamic model exact tracking control of a permanent magnet synchronous motor 2015 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 – Proceedings, 21—23 May 2015, Omsk, Russia// IEEE. 2015.
4. **Калиброванное** управление силой вентильного двигателя / Л.Н. Рассудов, А.П. Балковой, Г.А. Сливинская и др. // Электротехника: сетевой электронный научный журнал. 2015. Т. 2. № 2. С. 3—6.
5. **Рассудов Л.Н.** Разработка и исследование методов улучшения точности и динамики прецизионного сервопривода: дисс.... канд. техн. наук: 05.09.03. М., НИУ «МЭИ», 2016. 132 с.

Е.К. Самыгина, студ.; рук. Л.Н. Рассудов, к.т.н., асс. (НИУ «МЭИ»)

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОУРОВНЕВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

В электротехнике все более широкое применение находят многоуровневые преобразователи частоты (МПЧ) [1, 2]. Основными достоинствами МПЧ являются модульность конструкции, отсутствие понижающих трансформаторов для высоковольтных применений и возможность ступенчатой модуляции напряжения ветвей, что обеспечивает повышенную надежность и высокое качество выходного напряжения.

Использование МПЧ перспективно как в области производства электроэнергии (в особенности для альтернативных источников энергии, таких как ветрогенераторы), так и для питания высокомошных электроприводов [3—5]. В настоящее время актуальной задачей является выбор топологий МПЧ для конкретных применений с целью выработки решений, оптимальных с точки зрения капитальных затрат, энергетических и массогабаритных показателей [2, 6]. Среди наиболее распространенных топологий: мостовая с соединением в звезду (SSBC) и двойную звезду (DSBC), треугольник (SDBC) и двойной треугольник (DDBC), полумостовая с соединением в двойную звезду (DSCC), матричная (МЗС).

Доклад посвящен сравнительному анализу DSCC и DDBC топологий МПЧ для питания электропривода.

Литература

1. **Akagi H.** Classification, terminology, and application of the modular multilevel cascade converter (MMCC) // IEEE. 2011.
2. **Ilves K., Bessegato L. and Norrga S.** Comparison of Cascaded Multilevel Converter Topologies for AC/ AC Conversion // IPE Conference, 2014.
3. **Mukherjee N., Tricoli P.** A new state of charge control of modular multilevel converters with supercapacitors for traction drives // IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, Montreal, QC, Canada, 2015.
4. **Medium** voltage multilevel converters for ship electric propulsion drives / K. Thantirige, R.K. Akshay, S.K. Panda et al. // International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles (ESARS), Aachen, Germany, 2015.
5. **Cascaded** Control System of the Modular Multilevel Converter for Feeding Variable-Speed Drives / J. Kolb, F. Kammerer, M. Gommeringer, M. Braun // IEEE Trans. Power Electron, 2015.
6. **E. Samygina; A. Dudin; J. Petzoldt,** A Comparison of two Modular Multilevel Cascade Converter Topologies for Motor Drive Applications // Proceedings of the International Academic Forum AMO – SPITSE – NESEFF, 2016.

*Р.А. Серов, В.В. Павлухин, студенты;
рук. М.А. Захаров, асс.; А.М. Захаров, к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОУРОВНЕВОГО ВЫСКОВОЛЬТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

В последнее время возрос интерес к мощным электроприводам среднего напряжения. В слабых сетях, не допускающих перегрузок и сильных просадок напряжения, невозможен прямой пуск. В таких условиях рационально использовать высоковольтные преобразователи частоты (ПЧ), в том числе для исключения паразитных гармоник и увеличения срока его эксплуатации, регулируя скорость на объекте. Однотипная многоячейная структура (ПЧ) позволяет добиваться высоких уровней напряжения, а модульное построение силовой схемы удобно для обслуживания и быстрого ремонта преобразователя. Учитывая сложность и дороговизну многоячейного ПЧ целесообразно уделить внимание компьютерному моделированию всей преобразовательной системы. В работе для исследования выбрана топология многоуровневого инвертора напряжения с каскадным соединением низковольтных ячеек. Модель позволяет провести количественную и качественную оценки работы ПЧ, а также сопоставить результаты моделирования с данными существующих альтернативных преобразовательных систем.

Модель ПЧ-АД разработана в среде MatLab/Simulink [1]. По результатам компьютерного моделирования выполнен сравнительный анализ систем скалярного и векторного управления высоковольтным асинхронным двигателем [2]. Проведена оценка алгоритмов формирования ШИМ и распределения импульсов управления IGBT-транзисторами инверторной ячейки. Разработанная модель позволяет в реальном времени проводить исследования статических и динамических режимов работы регулируемого привода, а также оценить электромагнитные процессы в переходных режимах, происходящих в системе.

Литература

1. **Герман-Галкин С.Г.** Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MatLab 6.0: учебное пособие. СПб.: КОРОНА принт. 2001.
2. **Жемеров Г.Г., Тугай Д.В., Титаренко И.Г.** Моделирование электропривода переменного тока с каскадным многоуровневым инвертором напряжения // Электротехника и электромеханика. 2013. № 2.

К.Д. Сучков, студ.; рук. А.Н. Ладыгин, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНОГО АГРЕГАТА

Современная тенденция развития преобразователей частоты (ПЧ) для электропривода заключается в расширении номенклатуры прикладных функций преобразователя с целью более полного удовлетворения требований конкретной производственной установки, оснащенной этим электроприводом, для повышения ее технологических возможностей и энергетической эффективности. Такая тенденция обуславливает актуальность совершенствования учебного процесса на соответствующих кафедрах технических вузов посредством развития методической и лабораторной базы, позволяющей обеспечить глубокое изучение инновационных преобразователей частоты с расширенной функциональностью.

В научно-образовательном центре «Шнейдер Электрик - МЭИ» был разработан и смонтирован лабораторный стенд с насосным агрегатом, оснащенным частотно-регулируемым электроприводом на базе ПЧ Altivar630 Process. Этот ПЧ имеет широкий набор прикладных функций, ориентированных на применение в электроприводе центробежных насосов.

В состав рассматриваемого лабораторного стенда входят:

- насосный агрегат из трех центробежных насосов с асинхронными моторами, каждый из которых получает питание от ПЧ названного выше типа;
- набор трубопроводов и гидроаккумулятор с соответствующей запорной арматурой для имитации гидросистемы различной конфигурации;
- измерительные приборы (манометры, датчики давления, расходомер).

В докладе представлены результаты исследований функциональности частотно-регулируемого электропривода насосного агрегата, проведенных на рассматриваемом лабораторном стенде. Исследовались условия применения, диапазон работы и точность выполнения прикладных функций ПЧ, таких как измерение производительности насоса, поддержание напора в замкнутой системе, «сон – пробуждение» насоса, защита от сухого пуска, защита от циклических пусков и др.

Результаты проведенных исследований позволят составить методические указания к лабораторным работам для студентов, изучающих курсы «Электропривод в современных технологиях» и «Энергосбережение средствами электропривода», а также для специалистов промышленности, проходящих повышение квалификации.

КОМПЕНСАЦИЯ ИЗГИБНЫХ УПРУГОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Проблема изгибных упругостей в робототехнике известна давно. Она остается актуальной и сейчас, поскольку даже в самых современных роботах есть некомпенсированные изгибные упругости. Они влияют на точность позиционирования. В работе приведены опытные значения изгибных упругостей одного из лучших промышленных роботов 2016 года Yumi производства компании АВВ. Данную проблему в мире пытались решить с помощью применения специальных материалов и изменения конструкции самого робота и его составных частей в отдельности. Эти методы дороги, их применение возможно только на стадии проектирования.

В данной работе изложен программный метод компенсации изгибных упругостей с помощью применения нейронной сети. Это решение проблемы не требует изменения конструкции и может быть применено на готовом роботе. Простейшая блок-схема робота с использованием нейронной сети для компенсации изгибных упругостей представлена на рис. 1.

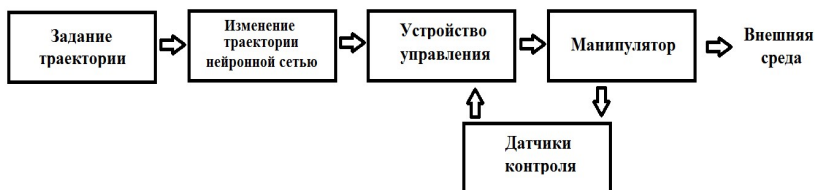


Рис. 1. Блок-схема робота с использованием нейронной сети для компенсации изгибных упругостей

Моделирование робота и нейронной сети были проведены в пакете прикладных программ для решения задач технических вычислений MatLab. Для скорейшего получения результатов было принято решение использовать простую модель робота. В ходе исследования были смоделированы две системы с использованием нейронной сети и без. По результатам их сравнения проведен анализ эффективности использования нейронной сети для компенсации изгибных упругостей.

В дальнейшем стоит задача применения этого метода на моделях более сложных роботов, таких как Yumi компании АВВ, и снятие опытных характеристик после внедрения нейронной сети в программное обеспечение робота, оценка эффективности данного метода компенсации изгибных упругостей.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

*Председатель секции — д.т.н., профессор В.П. Рубцов
Секретарь секции — к.т.н. доцент М.А. Федин*

*M. Beliaev, B.Sc.; N. Tran, Phd-student; supervisor U. Luedtke, Dr.
(Technische Universität Ilmenau, Ilmenau)*

NUMERICAL SIMULATION AND VERIFICATION OF HALBACH- ARRAY MAGNET SYSTEM FOR LORENTZ FORCE VELOCIMETRY

This paper presents the numerical simulation of contactless flow rate measurement in a weakly electrically conducting fluid on the base of Lorentz Force Velocimetry (LFV) [1]. This contactless method is widespread in industry for automation of dosing and controlling the velocity of high temperature and aggressive liquids. The simulation of magnetohydrodynamic processes is organized by coupled multi-physical analysis of electromagnetic and hydrodynamic processes. A numerical model of LFV was developed using ANSYS Fluent software. The main goal of the investigation was to simulate and verify the magnet system for fixed velocity ($v = 5$ m/s), conductivity ($\sigma = 4$ S/m) of an electrolyte, fixed cross-section dimensions of the electrolyte (0.05 m), fixed distance between the electrolyte and magnet system (3 mm), and no change in the material of the magnets (Nd-Fe-B) (coercive field strength 867394.4 A/m).

The simulation was divided in two parts: simulation of the processes for the channel with rectangular cross-section and solid body approximation (see Fig.1), that means that the velocity of the electrolyte is equal in every point and second part of this work is the simulation of the cylindrical channel with parabolic velocity profile (see Fig.2).

The results were verified with the help of COMSOL Multiphysics software and, also, using experimental data. Difference between software packages is smaller than 0.06% and between experimental data smaller than 5 %.

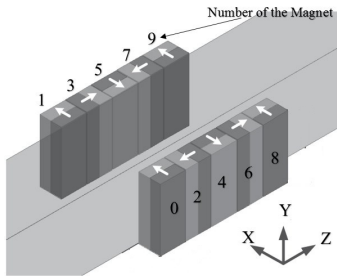


Fig. 1. System for solid body approximation

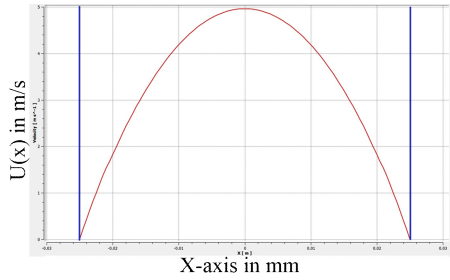


Fig. 2. Velocity profile for cylindrical channel

References

1. <https://www.tu-ilmenau.de/lorentz-force/publications/>

РАСЧЕТ ИНДУКЦИОННОЙ ТИГЕЛЬНОЙ ПЕЧИ С ПРОВОДЯЩИМ ФЕРРОМАГНИТНЫМ ТИГЛЕМ

Индукционные тигельные печи (ИТП) с проводящим тиглем (ПТ) применяются для выплавки сплавов магния и меди.

На рис. 1 показан эскиз системы «индуктор—загрузка» (рис. 1) лабораторной печи для плавки магния мощностью 2,5 кВт с размерами. Загрузку ИТП с ПТ образуют стальной тигель и магний. Основная сложность расчета печи состоит в том, что электрические характеристики материала загрузки изменяются в зависимости от температуры t и напряженности магнитного поля H [1]. Так, $\mu = \xi_1(H, t)$, $\rho = \xi_2(t)$, где μ — относительная магнитная проницаемость; ρ — удельное электросопротивление; ξ_1, ξ_2 — функциональные зависимости. При температуре загрузки выше температуры плавления и $\delta_T/\Delta_{2T} \leq 1,3$, где Δ_{2T} — глубина проникновения электромагнитной волны в стенку тигля толщиной δ_T , загрузку можно считать двухслойным телом. До температуры плавления загрузка представляет собой однослойное тело, поскольку магний в тигле находится в виде кусковой шихты, обладающей высоким электросопротивлением. В связи с этим аналитически решить задачу довольно сложно, поэтому необходимо использовать численные методы. В качестве примера на рис. 2 показаны зависимости активного сопротивления системы «индуктор – загрузка» R от t при разных частотах f , полученные в пакете *ELCUT* при токе индуктора $I_1 = 100$ А и среднем значении H на внешней поверхности тигля $H = 7,7$ кА/м. Эти и другие зависимости необходимы для идентификации ИТП с ПТ как объекта управления и построения интеллектуальной системы управления.

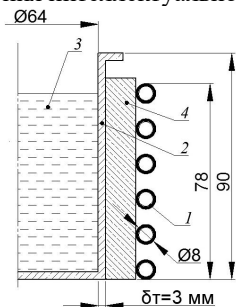


Рис. 1. Эскиз системы «индуктор—загрузка»: 1 — индуктор; 2 — тигель; 3 — жидкий металл; 4 — теплоизоляция

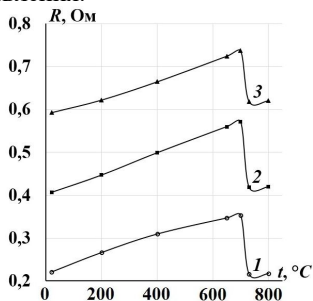


Рис. 2. Зависимости активного сопротивления системы «индуктор — загрузка» от температуры при разных частотах: 1 — $f = 22$ кГц; 2 — $f = 44$ кГц; 3 — $f = 66$ кГц

Литература

1. Кувалдин А.Б. Индукционный нагрев ферромагнитной стали. М.: Энергоатомиздат, 1988. 200 с.

Ю.А. Бармина, студ.; рук. М.А. Федин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ ЗАГРУЗКИ ИНДУКЦИОННОЙ ТИГЕЛЬНОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ПЛАВКИ МЕТАЛЛОВ

В условиях неполноты знаний об объекте управления и нечеткости его описания применение только формальных классических методов теории управления не является эффективным. Достойной альтернативой являются системы управления с использованием нечеткой логики. Такие системы начали применять для управления различными объектами.

Проведено исследование по разработке структуры регулятора температуры загрузки индукционной тигельной печи (ИТП), использующего нечеткую логику, его алгоритма, определены функции принадлежности, а также проанализировано влияние на качество и точность поддержания температуры управляющих и возмущающих воздействий.

Система с нечеткой логикой является существенно нелинейной и не может быть исследована аналитически, поэтому был использован метод структурного моделирования в программном пакете *MatLab*, приложениях *Simulink*, *FuzzyLogicToolbox*, необходимых для анализа и синтеза систем управления, основанных на нечеткой логике.

На рис. 1 приведена структурная схема модели совмещенного регулятора температуры загрузки лабораторной ИТП мощностью 2,5 кВт с ПИД-регулятором и нечетким регулятором [1].

Полученные результаты моделирования используются для создания лабораторного нечеткого регулятора температуры загрузки ИТП.

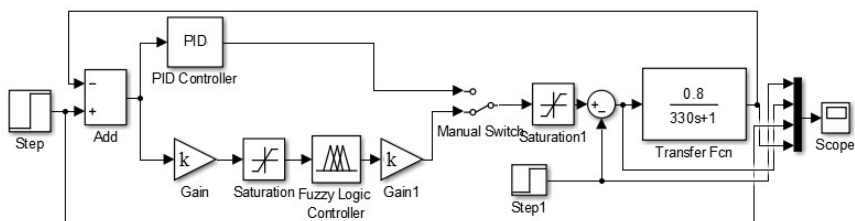


Рис. 1. Структурная схема модели совмещенного регулятора температуры с ПИД- и фаззи- регулятором

Литература

1. Шанцева И.П. Исследование регулятора температуры электропечи сопротивления с различными алгоритмами фаззи-управления // Вестник МЭИ. 2008. № 4. С. 51—56.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

Одной из основных задач, связанной с эксплуатацией установок индукционного нагрева, является получение информации о входных и выходных параметрах установки, контроль которых позволяет реализовать необходимый уровень и интенсивность нагрева. В этом случае наибольший интерес представляет измерение напряжения, тока и мощности, потребляемой индуктором в процессе нагрева. Решение поставленной задачи связано со значительными трудностями, обусловленными высокой частотой изменения исследуемых сигналов. Следовательно, разработка универсального измерительного комплекса, позволяющего в режиме реального времени собирать информацию о параметрах индукционной установки, осуществлять их анализ и обработку, а также выводить в преимущественно благоприятном виде для пользователя, является необходимой и актуальной задачей.

При обосновании использования конкретных датчиков приоритетной целью является обеспечение высокой точности экспериментальных измерений и соблюдение техники безопасности. Анализ различных вариантов применения высокочастотных датчиков позволил рекомендовать к использованию пояс Роговского с интегратором на основе R-C цепи для измерения тока и трансформатор с ферромагнитным сердечником для измерения напряжения. Подавая указанные сигналы на осциллограф, можно определить среднее значение мгновенной мощности за период, т.е. активную мощность, потребляемую индуктором.

Разработанный измерительный комплекс позволил провести экспериментальные исследования установки индукционного нагрева ВЧ-40АВ, направленные на оценку ее энергетических показателей. В процессе исследований были измерены входные и выходные параметры установки в режимах холостого хода, характеризующегося отсутствием в индукторе нагреваемой детали, а также с нагрузкой в виде стальной трубы. Для каждого режима работы построены временные зависимости напряжения, тока, мощности и рассчитаны средние значения активной мощности индуктора. Построены временные зависимости входного тока и рассчитано его действующее значение. Определены значения коэффициента мощности индуктора и коэффициента полезного действия установки для режимов максимальной и минимальной мощности установки.

*Н.В. Бондарева, А.В.Беспалова, студенты;
рук. В.А. Данилушкин, к.т.н., доц. (СамГТУ, г. Самара)*

ИНДУКЦИОННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО НАГРЕВА ЖИДКОСТИ

Для переработки нефти на малогабаритных установках взамен печей пламенного нагрева разрабатывается специализированный индукционный нагреватель. Нагреватель представлен системой труб, расположенных во внутренней полости цилиндрического индуктора. Расчет и проектирование индукционного нагревателя выполняются на основе математической модели, описывающей электромагнитные и тепловые процессы в физической структуре тел «индуктор–система труб–поток жидкости». На первом этапе исследуются закономерности распределения внутренних источников тепла в системе труб при изменении электро- и теплофизических характеристик нагревателя в процессе нагрева. Теплообмен описывается взаимосвязанной системой уравнений Максвелла и Фурье для электромагнитных и тепловых полей [1, 2]. Нелинейное распределение мощности и сложный характер энергообмена учитываются в численной модели. На втором этапе разрабатывается математическая модель тепловых процессов в физически неоднородной системе сопряженных тел с относительным движением. Решение задачи теплообмена содержит взаимосвязанные электрический и тепловой расчетные блоки. Нагрев нефти с низкой теплопроводностью при ламинарном течении характеризуется большим перепадом температур по сечению потока, поэтому необходим поиск оптимального соотношения между длиной нагревателя, количеством труб и диаметром индуктора. Исходными параметрами для расчета электромагнитных параметров являются размеры нагреваемого участка трубы, размеры и форма индуктора, физические характеристики материалов, взаимное расположение индуктора и трубы, напряжение индуктора. Результаты расчета в виде функции распределения внутренних источников тепла положены в основу определения в процессе нагрева температурного поля. Электромагнитные источники тепла рассчитываются в программном комплексе ELCUT 5.7 Professional. Результаты моделирования использованы для разработки конструкции индукционного нагревателя непрерывного действия для высокотемпературного нагрева жидкости.

Литература

1. **Вайнберг А.М.** Индукционные плавильные печи. М.: Энергия, 1967. 415 с.
2. **Лыков А.В.** Тепломассообмен: Справочник. М.: Энергия, 1978. 480 с.

Н.М. Вахмянин, асп.; рук. А.В. Щербаков, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА УНИФИЦИРОВАННОГО ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ МАЛОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ СВАРОЧНЫХ ПУШЕК

При модернизации электронно-лучевого сварочного (ЭЛС) оборудования фирмы-производители стараются достичь минимизации габаритов, снижения затрат на производство при сохранении высоких технических характеристик и надежности эксплуатации. Поэтому инженеры уделяют особое внимание к системе электропитания установок ЭЛС. Источник должен иметь как минимум не худшую по сравнению с ближайшими аналогами стабильность выходного напряжения, лучший КПД и иметь высокую надежность, в том числе сохранять работоспособность при электрическом пробое.

Благодаря активному развитию элементов силовой полупроводниковой электроники при модернизации или разработке новых установок электронно-лучевой сварки в качестве высоковольтного источника применяются источники питания на базе выпрямительных звеньев, умножителей напряжения и инверторов напряжения (ИИП).

Защита от электрических пробоев в источниках такой конструкции, гарантирующая высокую надежность эксплуатации оборудования ЭЛС, может быть обеспечена путем ограничения длительности импульсов управления инвертора или частоты следования. Основным фактором, обеспечивающим эффективность подобной защиты, является быстроедействие цепи обратной связи и исполнительного элемента, в данном случае инвертора, нагруженного на импульсный трансформатор [1]. Поэтому важно определить реактивные параметры схемы инверторного источника ускоряющего напряжения для достижения оптимальной скорости электрических параметров цепей питания ИИП.

В связи с этим решается задача анализа статических и динамических характеристик цепей нагрузки высоковольтного источника питания малой мощности для электронно-лучевой сварочной пушки. Полученные результаты позволят определить оптимальные параметры систем питания и управления, гарантирующие устойчивую работу электронно-лучевого сварочного оборудования.

Литература

1. **Щербаков А.В., Беневольский Е.С.** Исследование переходных процессов возникновения пробоев в сварочных электронных пушках // Вестник МЭИ. 2011. № 1. С. 41—48.

М.К. Галичева, соиск.; рук. А.Н. Макаров, д.т.н., проф. (ТвГТУ, г. Тверь)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПЛАЗМЕННО-ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

Плазменно-дуговые сталеплавильные печи (ПДСП) вместимостью 5—10 тонн распространены на металлургических предприятиях России, поэтому определение оптимальных режимов их работы имеет высокую практическую ценность и позволяет добиться существенного сокращения электропотребления и повышения энергоэффективности производства. [1]. Авторами разработаны плазмотроны для плазменно-дуговых сталеплавильных печей [2, 3].

По удельному расходу электроэнергии за период расплавления показатель действующей печи несколько лучше проектного показателя, так как и по удельному расходу электроэнергии за плавку: проектный показатель расхода электроэнергии за плавку 1200—1250 кВт·ч/т, на действующей печи — 1112 кВт·ч/т. В предложенной авторами ПДСП расход электроэнергии сокращается на 15—18 %.

Целесообразным выглядит переход к усовершенствованной конструкции ПДСП, в которой наряду со сводовым используется наклонный стеновой плазмотрон, применяемый в течение периода рафинировки, очистки металла и легирования. Такой переход позволит сохранить оптимальные энергетические характеристики плавки, при этом снизить нерациональные потери, связанные с излучением на стены.

Литература

1. **Макаров А.Н., Рыбакова В.В., Галичева М.К.** Энергосбережение при производстве стали в плазменно-дуговых печах // Промышленная энергетика. 2013. № 11. С. 45—52.

2. **Макаров А.Н., Рыбакова В.В.** Дуговой плазмотрон для плазменно-дуговых сталеплавильных печей // Энергосбережение в электро- и теплоэнергетических металлургических установках: Сб. научно-практических трудов. Вып. 1. Тверь: ТвГТУ, 2013. С. 19—24.

3. **Патент** №2524173 (RU 2524173 С1). Плавильный плазмотрон / А.Н. Макаров, В.В. Рыбакова // Изобретения. 2014. № 21.

И.М. Генералов, асп.; рук-ли А.Б. Кувалдин, д.т.н., проф.;
М.А. Федин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ИТП С КУСКОВОЙ ФЕРРОМАГНИТНОЙ ЗАГРУЗКОЙ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Материалом исследования являются зависимости электрических параметров: активного сопротивления R и индуктивности L у ИТП от температуры и напряженности магнитного поля при нагреве стальной ферромагнитной кусковой шихты до точки Кюри. Для этого было проведено физическое моделирование процесса нагрева кусковой загрузки на ИТП со следующими характеристиками: емкость печи $G = 1,5$ кг, мощность $P = 2,5$ кВт, частота $f = 17,5$ кГц, имеющая геометрические размеры: внутренний диаметр индуктора $d_{и} = 90$ мм, внутренний диаметр тигла $d_{т} = 70$ мм, высота индуктора $l_{и} = 100$ мм, высота загрузки $l_{з} = 80$ мм [1].

Регрессионные уравнения, описывающие электрические параметры ИТП, полученные при обработке эксперимента на физической модели, могут быть использованы для расчета установок других геометрических размеров, мощности, частоты, крупности кусков загрузки с применением теории подобия [2], позволяющей связать параметры R и L модели и промышленной ИТП.

Точное установление подобия достаточно сложно. Как правило, в таких случаях используется приближенное подобие, т.е. моделирование осуществляется с определенной оцениваемой погрешностью, и подобие существует только между некоторыми параметрами оригинальной и модельной систем.

Для подобия электромагнитных полей в ферромагнетиках необходимо, чтобы относительные нелинейные зависимости оригинала и модели совпадали, а также соблюдался основной критерий подобия электромагнитных полей [2].

На основе регрессионных уравнений рассчитаны зависимости электрических параметров сталеплавильной ИТП со следующими характеристиками: $G = 60$ кг, $P = 100$ кВт, $f = 2400$ Гц, $d_{и} = 320$ мм, $d_{т} = 220$ мм, $l_{и} = 296$ мм, $l_{з} = 220$ мм.

Литература

1. **Генералов И.М.** Математическое описание ИТП с ферромагнитной кусковой шихтой // Тез. докл. XXII Междунар. конф. студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». М.: Издательский дом МЭИ, 2016. Т. 2.
2. **Веников В.А.** Теория подобия и моделирование применительно к задачам электроэнергетики. М.: Высшая школа, 1966. 487 с.

*Е.П. Иванова, асп.; А.А. Навасардян, студ.;
рук. А.А. Базаров, д.т.н., доц. (СамГТУ, г. Самара)*

ИНДУКЦИОННЫЙ НАГРЕВ С ОГРАНИЧЕНИЕМ ТЕРМОНАПРЯЖЕНИЙ

Эксплуатация дисков турбоагрегатов сопровождается возникновением упругих искажений кристаллической решетки с последующим переходом в субмикроскопические трещины, которые со временем превращаются в микротрещины.

Восстановление дисков включает операцию многослойного заполнения трещин металлом после предварительной механической обработки. Использование дуговой электросварки позволяет провести локальное расплавление поврежденных участков и наплавление недостающих объемов. Такая операция не требует больших мощностей для разогрева. Однако создание значительных температурных градиентов сопровождается недопустимыми термонапряжениями, что не только снижает запас прочности всего диска, но и может привести к появлению микротрещин после остывания зоны сварки.

Для предотвращения возникновения внутренних напряжений при ремонте требуется осуществлять предварительный подогрев участков сварки до температуры 300° [1]. Учитывая характер работ, для ведения процесса требуется использование системы регулирования температуры.

При проведении ремонтно-восстановительных работ ставятся задачи снижения энергозатрат и массогабаритных показателей нагревателей. Оптимальное проектирование индукционной системы связано с решением задачи достижения допустимых напряжений в зоне сварки при кристаллизации и последующем остывании металла. Использование таких современных программных средств, как Comsol, позволяет провести моделирование тепловых и деформационных процессов на этапах формирования ванны расплавленного металла, его кристаллизации и остывания. Пошаговое изменение геометрии и свойств материала позволяет построить картину термонапряжений в развитии. Задачей является более точное определение уровня температуры в прилегающей области и ее размеров, чтобы не выйти за допустимые границы термонапряжений. Финишная операция по устранению напряжений в металле диска состоит в поддержании повышенной температуры участка с целью отпуска металла.

Литература

1. Базаров А.А., Чигирев Д.Ю., Иванова Е.П. Индукционная система для технологий ремонта дисков турбин // Вопросы электротехнологии. 2015. № 4. С. 5—14.

А.Н. Касицын, асп.; рук. А.В. Щербаков, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ В УСТАНОВКАХ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ, ОСНОВАННЫХ НА СИСТЕМАХ ЧПУ

Современные промышленные электронно-лучевые установки (ЭЛУ) базируются на основе программируемых логических контроллеров и систем численно-программного управления (ЧПУ), позволяющих перемещать изделия в осях X , Y , Z в процессе электронно-лучевой сварки (ЭЛС).

Значительно расширить возможности современных ЭЛУ под управлением систем ЧПУ можно, представив электронно-лучевую пушку как комплекс инструментов по обработке материалов. Выбор необходимого инструмента проводится в соответствии с программой, написанной на языке программирования ИСО 7-бит (G-code) для устройств ЧПУ. Инструментами обработки материалов электронным пучком (ЭП) в системе ЧПУ могут являться импульсный и непрерывный режимы, развертка и динамическое изменение фокуса пучка, режимы автоматического контроля параметров ЭЛС по сигналам, поступающим с датчиков обратной связи из зоны сварки, а также комбинации указанных режимов.

Один из способов реализации предложенной системы управления представлен на примере системы адаптивной фокусировки ЭП для герметизации корпусов приборов радиоэлектронной аппаратуры сложной формы [1]. Одноплатный компьютер корректирует ток фокусирующей катушки в зависимости от изменения положения свариваемых кромок при измерении электронных и ионных токов, возникающих между свариваемыми кромками и расположенным рядом электродом. Переключение между режимом сварки с использованием метода адаптивной фокусировки и режимом с постоянным током фокусировки осуществляется программой ЧПУ.

Применение адаптивной фокусировки ЭП позволяет повысить производительность процесса герметизации за счет выполнения нескольких сварных швов за одну загрузку корпуса. Проработка системы управления ЭП в установках для ЭЛС, основанных на системах ЧПУ, позволит интегрировать системы автоматизированного проектирования и расширить возможности автоматизированной обработки материалов в процессах ЭЛС.

Литература

1. Касицын А.Н., Агафонов Р.Ю., Григорьев Г.В. Разработка системы адаптивной фокусировки электронного луча для герметизации корпусов приборов радиоэлектронной аппаратуры сложной формы // Международная конференция «Электронно-лучевая сварка и смежные технологии»: сборник материалов и докладов. М.: Издательский дом МЭИ, 2015.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СОВМЕСТНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА ЗАГОТОВОК

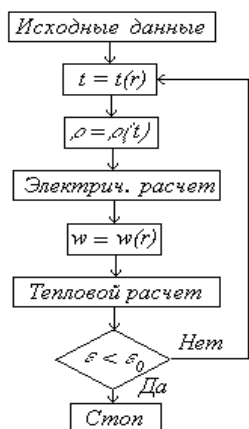


Рис. 1. Блок-схема программ совместного электрического и теплового расчета индукционного нагрева заготовок

Работу программы поясняет блок-схема на рис. 1. В программе для начального распределения температуры и соответствующих значений удельного электросопротивления $\rho(t)$ выполняется электрический расчет системы «индуктор–загрузка». Затем с использованием полученного распределения внутренних источников теплоты $w(r)$ для определенного момента времени (задается пользователем) рассчитывается температурное поле в сечении заготовки $t(r)$. Затем выполняется повторный электрический расчет, при котором используются значения $\rho(t)$, полученные с учетом рассчитанного распределения температуры $t(r)$. Далее проводится второй тепловой расчет и т.д. Расчет прекращается, когда полученные в ходе очередной итерации значения температуры будут отличаться от значений температуры, полученных в предыдущем расчете, на величину, меньшую заданного значения ϵ_0 (рис. 1).

Планируется усовершенствование разработанного алгоритма: добавление возможности учета изменения ферромагнитных свойств материала и применения программы для загрузки квадратного сечения.

Литература

1. Кувалдин А.Б. Теория индукционного и диэлектрического нагрева. М.: Издательство МЭИ, 1999. 80 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ ДЛЯ ЗАКАЛКИ КОНИЧЕСКОЙ ВЕДУЩЕЙ ШЕСТЕРНИ

Индукционная закалка является наиболее эффективным способом термобработки металлических заготовок. Компьютерное моделирование позволяет исследовать влияние различных параметров установки на достижение необходимого закалочного профиля в заготовке.

В работе представлено численное моделирование индукционной поверхностной закалки конической ведущей шестерни грузовика, которая имеет длину более 100 мм, максимальный диаметр 140 мм и вес 4 кг. Шестерня изготовлена из специальной стали пониженной прокаливаемости, закалка которой имеет высокую экономическую эффективность.

Чтобы добиться требуемого закаленного слоя глубиной до 4 мм по всему контуру шестерни, заготовка нагревается насквозь до температуры 750—900 °С, а затем охлаждается высокоинтенсивным водяным душем.

Численная модель процесса закалки с учетом вращения заготовки разработана в пакете ANSYS. При численном моделировании учитываются напряжение, частота тока, геометрические размеры индуктора и условия охлаждения. Эти параметры влияют на распределение температуры в шестерне, динамику нагрева и охлаждения, микроструктуру материала и твердость [1]. Приемлемая геометрия индуктора и оптимальный размер его профиля (40x15 мм) были найдены в ходе предварительного исследования. Исследование было проведено для частоты индуктора 2,4 кГц.

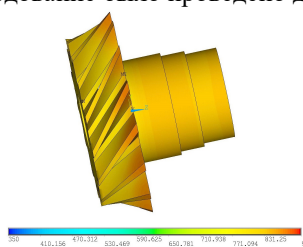


Рис. 1. Расчетное распределение температуры в шестерне

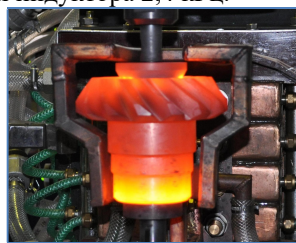


Рис. 2. Экспериментальное распределение температуры

Оптимальное распределение температуры в шестерне в конце нагрева представлено на рис. 1. Оно полностью удовлетворяет технологическим требованиям и данным эксперимента (рис. 2).

Литература

1. **Coupled** numerical multiphysics simulation methods in induction surface hardening / D. Schlesselmann, B. Nacke, A. Nikanorov, S. Galunin // COUPLED PROBLEMS 2015 – Proceedings of the 6th International Conference on Coupled Problems in Science and Engineering. 2015. С. 392—403.

Е.Н. Кручинин, студ.; рук. А.Б. Кувалдин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ПРОБЛЕМА ОГРАНИЧЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПЛАЗМЕННО-ДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ (ПДП)

Плавка скрапа в виде отходов дорогостоящих высоколегированных сталей в ПДП сокращает расход дорогостоящих легирующих элементов и дает возможность переплава отходов легированных сталей со значительным усвоением легирующих элементов [1]. Однако проектирование системы управления ПДП с тем, чтобы обеспечить высокую эффективность процесса плавки, осложняется значительными ограничениями в управлении электрическим режимом. При этом основной задачей проектирования управляемого источника питания и автоматической системы регулятора тока плазматрона является гарантированное устойчивое горение дуги в процессе плавления шихты при всех возможных изменениях длины дуги и минимальном значении индуктивности капиталоемкого сглаживающего дросселя в цепи с дугой [2].

Ограниченность в управлении электрическим режимом ПДП, в частности резко падающим в процессе плавки напряжением дуги, затрудняет проектирование управляемой системы электропитания (УСЭП) ПДП.

В работе предложена разработанная УСЭП ПДП с двухпозиционным принципом управления переключением обмоток трансформатора и двухпозиционным принципом управления составом плазмообразующего газа плазматрона в трех периодах общего рабочего цикла плавки металла. На основе математических моделей дуги плазматрона ПДП и управляемого выпрямителя предложена структурная схема автоматической системы регулятора тока дуги, как импульсной системы.

Литература

1. **Чердниченко В.С.** Плазменные электротехнологические установки. Новосибирск: Издательство НГТУ, 2008.
2. **Бортничук Н.И., Крутянский М.М.** Плазмодуговые плавильные печи. М.: Энергоиздат, 1981.

*А.В. Кузнецов, соиск.; рук. А.Н. Макаров, д.т.н., проф.
(ТвГТУ, г. Тверь)*

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДУГ ДЛЯ ПРОЦЕССА ПЛАВКИ В ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧАХ

КПД дуги в разные периоды плавки различен, максимальное его значение достигается после прорезки дугами колодцев в шихте. В начале расплавления в шихте ДСП прорезается один общий колодец за 5—8 минут. Вся мощность, излучаемая столбом дуги, попадает на твердую шихту и жидкометаллическую ванну. В проведенных нами расчетах КПД дуги в начале расплавления $\eta_d = 0,93 \div 0,95$. По мере расплавления шихты колодец расширяется, высота шихты уменьшается и часть излучения дуги выходит из колодца наружу и попадает на водоохлаждаемые панели стен и свода [1]. При расплавлении 45—50 % шихты КПД дуги уменьшается до значения $\eta_d = 0,77 \div 0,80$. При отсутствии твердой шихты на стенах, при расплавлении 100 % шихты на водоохлаждаемые панели стен и свода попадает 39—42 % мощности излучения столба дуги, и КПД дуги снижается до значения $\eta_d = 0,60 \div 0,63$. Данные значения η_d соответствуют высоте шлака $h_{ш} = 300$ мм. При наведении шлака высотой 550 мм КПД дуг возрастает до значения $\eta_d = 0,76$. Если расплавление шихты заканчивается при $h_{ш} = 100$ мм, то КПД дуги снижается до значения $\eta_d = 0,51$ [2]. Шлак экранирует стены и свод от излучения дуги, чем больше высота шлака, тем больше η_d .

Литература

1. **Макаров А.Н.** Теплообмен в электродуговых и факельных металлургических печах и энергетических установках: учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2014. 384 с.: ил.
2. **Makarov A.N., Galicheva M.K., Kuznetsov A.V.** Changing the Arc Efficiency During Melting of a Charge in Arc Steel Melting Furnaces // Materials Engineering and Technologies for Production and Processing II. 2016. Vol. 870. P. 441—445.

УСТАНОВКА ДЛЯ ИНДУКЦИОННОЙ СВАРКИ ТРУБ

Развитие высокочастотной сварки связано с определенными преимуществами, такими как: бесконтактный способ передачи и преобразования электроэнергии с возможностью строгой локализации энергии в заданном объеме, высокой интенсивностью нагрева, простотой конструкции нагревательного устройства, возможностью полной автоматизации процесса. При реализации преимуществ индукционного нагрева возникает проблема расчета и конструирования системы индукционного нагрева.

В общем случае математическое описание таких объектов представляет собой систему нелинейных дифференциальных и интегральных уравнений. Процесс индукционного нагрева описывается нелинейной взаимосвязанной системой уравнений Максвелла [1] и Фурье [2]. Теплообмен с окружающей средой учитывается введением граничных условий 2-го рода. В качестве исходных данных для расчета электромагнитных параметров задаются размеры трубы, физические характеристики материалов, взаимное расположение и размер индуктора и трубы. Решение краевой задачи расчета магнитного поля в изотропной среде осуществляется итерационным методом. Мощности внутренних источников тепла, характеризующих нагрев проводящих тел индукционной системы, вычисляется для каждого элемента по закону Джоуля—Ленца [3]. Для учета нелинейной зависимости $\mu_a(H)$ в ферромагнитных областях разработан итерационный алгоритм многократного решения результирующей системы уравнений. Результаты расчета электромагнитной задачи в виде функции распределения внутренних источников тепла положены в основу определения в процессе нагрева температуры кромки трубы. Решение тепловой задачи выполнено методом конечных элементов, который дает возможность достаточно точно учитывать все нелинейности путем изменения всех нелинейных величин с каждым шагом по времени, а также задать сложную геометрию нагреваемого изделия. Тепловые потери в процессе нагрева учитываются граничными условиями на поверхности трубы и условиями теплопереноса в холодную часть трубы. Результаты расчета электромагнитных и тепловых полей положены в основу конструирования индуктора и выбора источника питания.

Литература

1. **Вайнберг А.М.** Индукционные плавильные печи. М.: Энергия, 1967.
2. **Лыков А.В.** Тепломассообмен: Справочник. М.: Энергия, 1978.
3. **Немков В.С., Демидович В.Б.** Теория и расчет устройств индукционного нагрева. Л.: Энергоатомиздат, 1988.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛОТНОСТИ ДИСКРЕТНОЙ ЗАГРУЗКИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНДУКЦИОННОЙ ТИГЕЛЬНОЙ ПЕЧИ

При плавке металлов в индукционной тигельной печи (ИТП) используют шихту (лом), которая представляет собой дискретную загрузку индуктора. При этом шихта может сильно отличаться по объемной плотности, а следовательно, и по электрическим параметрам, что необходимо учитывать при расчете ИТП и выборе источника питания.

Исследование заключается в разработке 3D-математических моделей системы индуктор — стальная дискретная шихта для получения зависимостей электрических характеристик от объемной плотности загрузки. Для расчета использовался пакет *ANSYS*. В примере на рис. 1 стальной лом представлен в виде системы цилиндров, которые имеют одинаковые размеры и электро- и теплофизические свойства. Цилиндры разделены между собой по высоте и радиусу. Размеры цилиндров: диаметр — 5 мм, высота — 25 мм. Общее число цилиндров ($N_{\text{цил}}$) изменяется от 85 до 450. Материал — немагнитная сталь с удельным электрическим сопротивлением $\rho = 7,086 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ [1].

В результате компьютерного исследования получены зависимости интегральных параметров (например, электрического КПД $\eta_{\text{эл}}$ и коэффициента мощности $\cos \varphi$, рис. 2) и распределенных параметров от изменения плотности дискретной загрузки. Эти результаты могут быть использованы при разработке рекомендаций по увеличению производительности и энергоэффективности ИТП в начальной стадии плавки.

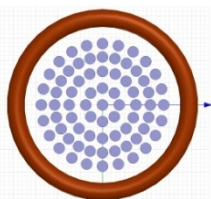


Рис. 1. Пример математической модели системы индуктор-загрузка

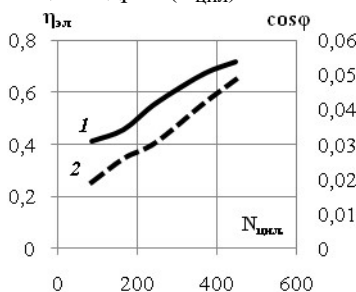


Рис. 2. Зависимость интегральных параметров от плотности загрузки: 1 — $\eta_{\text{эл}}$; 2 — $\cos \varphi$

Литература

1. **Development** of mathematical model for calculating electric and power characteristics of induction crucible furnace with lumpy charge on using finite elements method / A. Kuvaldin, M. Fedin, E. Kasatkina et al. // 11th IFOST. Novosibirsk, Russia. 2016. Part 2. P. 91—95.

А.А. Скупов, асп. (ФГУП «ВИАМ», Москва);
рук. А.В. Щербаков, д.т.н. (НИУ «МЭИ»)

СВАРКА ВЫСОКОПРОЧНЫХ АЛЮМИНИЙ-ЛИТИЕВЫХ СПЛАВОВ

Повышение весовой эффективности изделий авиационной техники является актуальной задачей и может быть достигнуто за счет разработки и применения новых перспективных материалов и технологии их неразъемного соединения, самой распространенной из которых является сварка. Во ФГУП «ВИАМ» в последние годы разработаны новые сплавы системы Al-Cu-Li. Изготовление крупногабаритных сварных конструкций из высокопрочных алюминий-литиевых сплавов связано с большими сложностями вследствие их склонности к образованию горячих трещин, а также разупрочнению под воздействием термического цикла сварки плавлением ($\sigma_{в св.с} \leq 0,6\sigma_{в осн.мет}$) [1]. Особенно остро проблема разупрочнения выражена при дуговых видах сварки, когда имеет место длительное пребывание сплавов при повышенных температурах.

Повысить эксплуатационные характеристики сварных соединений возможно за счет применения новых технологических процессов, к которым относятся лазерная сварка (ЛС) и сварка трением с перемешиванием (СТП). Применение ЛС позволяет снизить эффект фазовых и структурных превращений в околошовной зоне, приводящих к разупрочнению материала, трещинообразованию, снижению коррозионной стойкости [2]. Однако высоких значений механических характеристик при ЛС сплавов системы Al-Cu-Li без применения присадочных материалов достичь пока не удалось. СТП обеспечивает такие преимущества, как малое тепловложение и соответственно меньшее структурно-фазовое изменение в зоне термического влияния, меньшее разупрочнение термоупрочняемых алюминиевых сплавов, а также малые остаточные напряжения и деформации. Основываясь на зависимости качества соединения от коэффициента тепловложения выбрана область режимов СТП, которая обеспечивает повышенную чистоту поверхности сварного шва после сварки, отсутствие дефектов и прочность сварного соединения на уровне 0,75—0,85 от прочности основного материала.

Литература

1. **Особенности** и перспективы сварки алюминий-литиевых сплавов / Е.Н. Каблов, В.И. Лукин, И.П. Жегина и др. // *Авиационные материалы и технологии*. 2002. № 4. С. 3—12.
2. **Влияние** скорости лазерной сварки на структуру и свойства алюминиевых сплавов, легированных литием и скандием / И.Н. Шиганов, С.В. Шахов, Д.В. Тарасенко, А.И. Плохих // *Технология машиностроения*. 2005. № 10. С. 23—27.

Д.Ю. Чигирев, асп.; К.С Мешкова, студ.; рук. А.А. Базаров, д.т.н., доц.
(СамГТУ, г. Самара)

ИНДУКЦИОННЫЙ НАГРЕВ ТРУБОПРОВОДОВ ПЕРЕД СВАРКОЙ

Эксплуатация паропроводов тепловых электростанций происходит в тяжелых условиях. Передача пара от котла к турбогенератору осуществляется под большим давлением (140 кг/см^2). Главный паропровод в рассматриваемом примере имеет диаметр 325 мм, толщину стенки 38 мм и изготовливается из стали 12Х1МФ.

Выполнение сварочных работ при ремонте трубопроводов высокого давления требуется проводить с предварительным подогревом трубы до температуры 300° [1]. После завершения сварочных работ необходимо провести отпуск, для чего нужно нагреть участок паропровода до 720° за 1,5 часа, затем выдерживать зону сварного шва при этой температуре в течение 3 часов. После этого зону нагрева следует медленно остужать, понижая мощность индуктора.

Конструкция индуктора должна соответствовать требованию охлаждения обмотки. Наиболее приемлемым вариантом является изготовление индуктора в виде разъемной конструкции из двух частей, содержащих петлевые обмотки [2]. Для устранения компенсирующего эффекта для встречных токов в расположенных рядом проводниках предусмотрено использование магнитопровода.

Для проектирования индукционного нагревателя применен программный пакет Comsol, позволивший провести расчеты тепловых процессов с учетом перемещающихся источников тепла от сварочной дуги.

Целью тепловых расчетов является выбор необходимой мощности индуктора, обеспечивающей требуемую скорость нагрева. Создание модели замкнутой системы управления нагревом позволило определить приемлемое значение мощности. Минимальная мощность, равная 10,5 кВт, обеспечивает нагрев за заданное время, равное 1,5 ч. В дальнейшем вся потребляемая мощность расходуется на компенсацию потерь тепла, рассеиваемых в окружающую среду с боковой поверхности трубы. Также учитывается теплоотвод через теплоизоляцию к индуктору.

Литература

1. Лившиц Л.С., Хакимов А.Н. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений — 2-е изд. 1989. 167 с.
2. Базаров А.А., Чигирев Д.Ю. Индукционная система для снятия термонапряжений в трубе после сварки // Вестник СамГТУ. Технические науки. 2015. № 4 (48). С. 61—69.

Секция 26

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ

Председатель секции — к.т.н., профессор М.А. Слепцов
Секретарь секции — к.т.н., доцент В.А. Глушанков

Ahmed M. Omara, PhD student; Supervisor Michael A. Sleptsov, Professor.
(НИУ «МЭИ»)

DEVELOPMENT AND PERFORMANCE ASSESSMENT OF BATTERY ELECTRIC VEHICLE POWERTRAIN

Battery-powered electric vehicle (EV) is considered as a promising solution for environmental pollutions and energy crises [1], [2]. Permanent magnet synchronous motor (PMSM) is mostly used in EVs because of its good performance compared to other used motors. This paper presents a design and simulation of a powertrain system for battery-powered electric vehicle (EV). Two different configurations are used for the EV propulsion system. The rear wheels of EV are driven by one traction motor through a differential system, and the front wheels are driven by two other traction motors coupled directly in-wheels. Simulation of the whole EV model is established using AVL CRUISE. Vehicle performance under the new European driving cycle (NEDC) is calculated and presented in the simulation results to specify the potential of the proposed system.

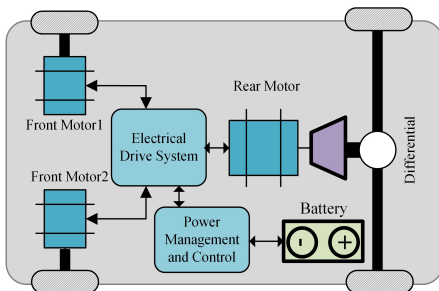


Fig. 1. Proposed EV powertrain system

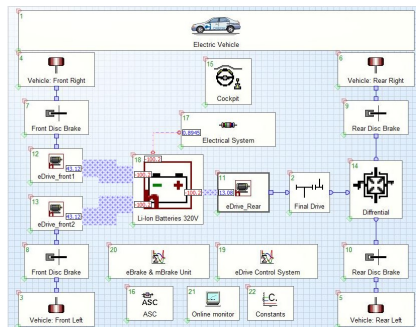


Fig. 2. AVL CRUISE simulation

The proposed configurations are shown in Fig 1. The proposed EV powertrain system is established for simulation using AVL CRUISE platform as shown in Fig. 2. The simulation results show that the actual velocity tracks the desired velocity and the designed powertrain parameters meet the EV performance requirements. It can be concluded that, the proposed propulsion system configuration has a good impact on the battery state of charge (SOC) and hence increases the EV travel range.

References

1. **Kumar L. and Jain S.** Electric propulsion system for electric vehicular technology: A review, // *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2014. Vol. 29. P. 924—940.
2. **Karamuk M.** A survey on electric vehicle powertrain systems // *Int. Aegean Conf. Electr. Mach. Power Electron. ACEMP 2011 Electromotion 2011 Jt. Conf.*, no. September. 2013. P. 315—324.

А.А. Бриедис, асп.; рук. В.Д. Тулупов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСОБРАЗНЫЙ ВАРИАНТ УЛУЧШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Объективные условия способствуют использованию железных дорог в качестве главного вида транспорта, поэтому развитие пассажирских железнодорожных перевозок планируется в направлении наиболее полного использования его специфических преимуществ (быстрота, надежность, экономичность и оптимальный уровень комфорта) перед другими видами транспорта. Ежегодно пригородные электропоезда экономят время сотен миллионов пассажиров.

В «Энергетической стратегии ОАО «РЖД» на период до 2030 года» отмечается необходимость снижения энергоемкости перевозочного процесса. В связи с чем важное значение придается техническому перевооружению железнодорожного транспорта и улучшению тягово-энергетических показателей электроподвижного состава.

Для повышения этих показателей необходимо решить две основные задачи: улучшить динамические показатели подвижного состава и снизить расход энергии на тягу.

С целью решения этих задач вагоны с дискретным резисторным управлением (ДРУ) рекомендуется оборудовать микропроцессорной техникой, автоматически регулируемым независимым возбуждением (НВ) тяговых машин и заменить морально устаревшую контакторную аппаратуру на современные управляемые полупроводниковые приборы – силовые транзисторы IGBTили двухоперационные тиристоры IGCT.

При переходе на НВ повышается динамическая жесткость тяговых характеристик, и регулирование силы тяги происходит согласно с фактически действующими ограничениями. Также происходит повышение эффективности рекуперативного торможения с сохранением максимальной тормозной силы до существенно меньших скоростей движения. Ввиду частых пусков и торможений на пригородном сообщении рекуперативное торможение является одним из основных резервов повышения энергетической эффективности, но оно должно удовлетворять ряду общих требований: обеспечивать электрическую устойчивость, иметь минимально возможные отклонения от статических режимов при переходных процессах, которые могут возникнуть в нормальных эксплуатационных условиях; обладать высокими энергетическими показателями, обеспечивать эффективность и надежность действия, удобство управления, плавность приложения тормозной силы.

Г. Бурэн-Итгэл, асп.; рук-ли В.А. Пречисский, д.т.н., проф.;
М.А. Слепцов, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОТУРБОВОЗА ГТ1h-002 НА УЛАНБАТОРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Прогнозируемый рост экономики Монголии, а также ожидаемая интенсификация товарооборота между Российской Федерацией и КНР ставят перед уланбаторской железной дорогой (УБЖД) ряд экологических проблем, поскольку железнодорожная сеть проходит через центр Улан-Батора, где наблюдается чрезвычайно высокая плотность населения. Наиболее перспективным вариантом решения экологических проблем УБЖД является использование газотурбовоза ГТ1h-002. Целью данной работы являлась всесторонняя оценка перспектив использования ГТ1h-002 с точки зрения экономии топлива, мощности, скорости длительного режима и ряда других параметров. Результаты сравнения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Оцениваемый параметр	Газотурбовоз ГТ1h-002	2ТЭ116УМ
Мощность по ГТД, кВт (л.с.)	8300 (11 290)	5300 (7208)
Служебная масса, т	360	278
Нагрузка на ось, кН (тс)	215 (22,5)	227 (23,17)
Сила тяги при трогании, кН (тс)	981,0 (100,0)	403,5 (41,14)
Сила тяги длительного режима, кН (тс)	775 (79,0)	305,62 (31,2)
Скорость длительного режима, км/ч	33	27
Касательная мощность длительного режима, кВт	7170	4600
Запас топлива (сжижен. природный газ), т	20	13,24

В таблице приведено сравнение с параметрами, полученными для локомотива 2ТЭ116УМ, который наиболее массово используется на УБЖД в настоящее время. Также рассмотрено сравнение с локомотивом 2ТЭ116УМ, используемым совместно с ZAGAL. Оценка эффективности эксплуатации данной комбинации локомотивов проводилась в более ранних работах.

На основе анализа продольного профиля пути на участке движения Эрдэнэт – Салхит, который характеризуется максимальным уклоном на всей сети УБЖД, выполнены тяговые расчеты. Кривые скорости движения поезда построены при помощи диаграмм удельной замедляющей и ускоряющей силы методом А.И. Липеца. Полное время движения поезда и время работы ТЭД в различных режимах получено методом Г.В. Лебедева, что позволяет найти удельный расход топлива.

Полученные данные подчеркивают, что использование газотурбовоза в условиях УБЖД является наиболее эффективным по всем оцениваемым параметрам.

И.П. Васильев, асп.; рук. В.Д. Тулупов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА ВОСЬМИОСНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА ДЛЯ ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА

Постоянный рост мировой экономики требует соответствующего роста объема грузовых перевозок по сети железных дорог России и увеличения их провозной способности, что является главной задачей ОАО «РЖД», которая предусмотрена «Стратегией развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года» и «Транспортной стратегией РФ на период до 2030 года» [1, 2].

Эффективность железнодорожных грузоперевозок в настоящее время достижима обновлением действующего парка тягового электроподвижного состава ОАО «РЖД» за счет разработки новых локомотивов, имеющих повышенный технический уровень.

В настоящее время проектно-конструкторское бюро локомотивного хозяйства — филиал ОАО «РЖД» (ПКБ ЦТ) совместно с МЭИ ведет работу по разработке технических требований к новому локомотиву для Восточного полигона на перспективу до 2025 года.

На перспективу до 2025 года ПКБ ЦТ для Восточного полигона предлагает разработать восьмиосный грузовой электровоз переменного тока с регулируемой нагрузкой на ось 25—27 т, имеющий модульную конструкцию и возможность эксплуатироваться по системе многих единиц (СМЕ). Также на новом локомотиве предлагается использовать привод постоянного тока, а в качестве тяговых электродвигателей (ТЭД) установить НБ-514Е, как зарекомендовавший себя по надежности на электровозах переменного тока серии 2,3,4ЭС5К «ЕРМАК».

Опытно получено, что в предельных для тягового электродвигателя НБ-514Е режимах на расчетных подъемах в 9, 11, 13 ‰ 2-секционный электровоз (каждая секция по 8 осей) с нагрузкой на ось в 27 т будет иметь силу тяги на валах ТЭД 1153 кН и сможет везти со скоростью 37,5 км/ч груженные поезда весом 11; 7,8; 9,1 тыс. т соответственно.

Разработка технических требований к подобному локомотиву и его конструирование в будущем позволят заменить электровозы «ЕРМАК», эксплуатируемые на Восточном полигоне в 4-секционном исполнении, уменьшить затраты ОАО «РЖД» на обслуживание за счет снижения количества секций электровоза, а главное, повысить объемы грузоперевозок и провозную способность Восточного полигона.

Литература

1. **Стратегия** инновационного развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2030 года (Белая книга ОАО «РЖД»).
2. **Транспортная стратегия** РФ на период до 2030 года.

К.И. Куликов, студ.; К.Е. Пономарёв, асп.;
рук. Е.А. Спиридонов, к.т.н., доц. (НГТУ, г. Новосибирск)

ВЛИЯНИЕ ИНТЕРВАЛА ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДОВ НА ЭНЕРГИЮ РЕКУПЕРАЦИИ В МЕТРОПОЛИТЕНЕ

Совершенствование электрического транспорта непосредственно связано с рациональным использованием энергии. При этом рекуперативное торможение — одно из наиболее перспективных направлений развития.

Настоящая работа посвящена изучению влияния временного интервала движения поездов на энергию рекуперации по Ленинской линии Новосибирского метрополитена. Для этого был разработан программно-вычислительный комплекс на языке Python [2]. Исходными данными для создания алгоритма являются значения функций мощности тяги и торможения, полученные в ходе тягово-энергетических расчетов [1, 3]. В соответствии с ними, а также с учетом длин перегонов и времени хода по ним формируется график движения поезда как по маршруту «Заельцовская» — «Пл. Карла Маркса», так и наоборот. При этом время стоянок состава на станциях не зависит от направления, интервала движения поездов и является постоянным. После формирования единичного графика движения происходит его повторение в пределах времени хода по линии через временной интервал, задаваемый пользователем. Дальнейшие функции алгоритма сводятся к подсчету энергии, сопровождающей тягу и торможение, и определению рекуперативной энергии, т.е. той, которая может быть передана другому поезду.

В ходе исследования было получено множество значений рекуперативной энергии, соответствующей временным интервалам 30—500 с. Эти данные были использованы для формирования соответствующей функции доли рекуперативной энергии по методу наименьших квадратов.

Доля энергии рекуперации определяется соотношением

$$E = 7 \cdot 10^{-5} t^2 - 0,0763t + 30,761, \quad (1)$$

где E — доля энергии рекуперации, %; t — интервал движения, с.

Так как функция убывает на всем рассматриваемом промежутке, можно предположить, что вероятность рекуперации энергии на Ленинской линии выше в утренние и вечерние часы пик при интервале движения 90—120 с.

Литература

1. Байрыева Л.С. Теория электрической тяги. М.: Издательство МЭИ, 2004.
2. Лутц М. Программирование на Python. Т. II. — 4-е изд.: пер. с англ. СПб.: Символ-Плюс, 2011.
3. Щуров Н.И. Теория электрической тяги. Новосибирск: НГТУ, 2004.

*И.Ю. Мартынюк, студ.; И.П. Васильев, асп.;
рук. В.Д. Тулупов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

ПОВЫШЕНИЕ ТЯГОВЫХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОВЗОВ С ПООСНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ СИЛЫ ТЯГИ

Одной из важных и основных задач ОАО «РЖД», предусмотренных «Стратегией развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года» и «Транспортной стратегией РФ на период до 2030 года», является увеличение объема грузовых перевозок по сети железных дорог РФ [1, 2]. Это обусловлено постоянным ростом мировой экономики, активизацией сухопутного сообщения в транспортном коридоре Юго-Восточная Азия — Европа и реальной перспективой Транссибирской магистрали стать важным транспортным связующим звеном между странами евроазиатских регионов.

Повысить эффективность железнодорожных грузоперевозок в настоящее время невозможно без своевременного обновления действующего парка тягового электроподвижного состава и повышения его технического уровня.

Среди всего разнообразия современных локомотивов, закупленных ОАО «РЖД», особого внимания заслуживает уникальный электровоз серии ЗЭС5К «ЕРМАК» № 434 с поосным регулированием силы тяги, системой независимого возбуждения тяговых электродвигателей, новой системой управления МСУД-015 и увеличенной до 24,5 т нагрузкой на ось.

Несмотря на свою уникальность, из-за ограничений, заложенных в алгоритмах системы управления, тяговые возможности данного локомотива реализуются не в полной мере, что подтверждается результатами испытаний данного локомотива в марте 2016 г. на Восточно-Сибирской железной дороге с поездами весом 6300 т.

В связи с чем на период 2017—2019 г.г. ОАО «РЖД» предложено проведение научно-исследовательской работы ПКБ ЦТ с привлечением специалистов АО «ВНИИЖТ, МГУПС, РОАТ МИИТ, МЭИ, ЗАО «ЛЭС» по повышению тяговых свойств электровозов с поосным регулированием силы тяги.

Проведение данной работы позволит разработать новое ПО и технические требования к ПО на перспективу для вновь разрабатываемых электровозов с поосным регулированием силы тяги, а главное, повысит провозную способность Восточного полигона.

Литература

1. **Стратегия** инновационного развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2030 года (Белая книга ОАО «РЖД»).
2. **Транспортная стратегия** РФ на период до 2030 года.

Направление
ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Научный руководитель направления —

зав. каф. ИЭиОТ, к.т.н.,
О.Е. Кондратьева

Секция 27

ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Председатель секции — зав. каф. ИЭиОТ, к.т.н.

О.Е. Кондратьева

Секретарь секции — вед. инженер В.В. Трифонов

Р.А. Анисимов, студ.; рук. Н.В. Озерова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПЕРЕРАБОТКА АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПОКРЫШЕК В ПОЛЕЗНЫЕ ВИДЫ СЫРЬЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ВЫГОДА ДАННОГО МЕТОДА

Автотранспортные покрышки, направленные на утилизацию, могут быть пригодны для дальнейшего использования. На примере взаимодействия общества с ограниченной ответственностью «ТехноСервис» (далее – Техно) и автотранспортного предприятия «СКМ-автотранс» (далее – СКМ) нами была рассчитана экономическая эффективность утилизации.

На балансе СКМ находятся большегрузные автомобили и строительная техника. Исходя из среднего срока службы автомобильной покрышки, каждые три года СКМ утилизирует более 200 тыс. кг автопокрышек.

Из всей массы автомобильных покрышек 17 % составляет металлический корд (34 967,74 кг) и 83 % — резиновое сырье (170 724,89 кг) [2]. Выручка при сдаче металлокорда в виде лома составит около 140 000 рублей. Металлический корд при переплавке и прокатке стандартного размера даст 26 925,16 кг стали с учетом 23 % примесей в составе корда. Это составит около 648 000 рублей выгоды.

Переработка резинового сырья методом закрытого пиролиза позволяет на выходе получать до 42 % пиролизного масла, до 18 % углеродосодержащего твердого остатка, до 23 % пиролизного газа. Газ расходуется для работы пиролизной установки. Твердый остаток может быть использован как краситель в лакокрасочной промышленности и в качестве сорбента как наполнитель в резино-битумных мастиках [1].

Без дополнительной обработки выгода от продажи 71 704,45 литров пиролизного масла, которое может быть использовано в котельных, в промышленных печах и теплогенераторах, составит около 376 200 рублей.

При минимальной обработке автомобильных покрышек СКМ с учетом транспортных и эксплуатационных расходов можно получить ежегодную выгоду в размере 362 400 рублей.

Литература

1. **Эколого-экономическая** эффективность рециклинга отходов автотранспорта / Р.А. Анисимов, Н.В. Озерова, А.Н. Озеров, Ю.В. Родионов // Сборник тезисов докладов XXII Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». М., МЭИ, 2016.

2. **Отходы** автотранспортного предприятия / А.Н. Озеров, Ю.В. Родионов, Р.А. Анисимов, Н.В. Озерова // Сборник докладов Международной научно-практической конференции молодых ученых и исследователей 13 апреля 2016 г. «Прикладные и фундаментальные науки // «Наука молодых — интеллектуальный потенциал XXI века»», Пенза: ПГУАС, 2016.

Д.А. Аюков, Н.А. Тигунов, учащиеся (ГБОУ Школа № 2126 «Перово»);
рук. В.В. Скибенко, к.т.н., доц. (НИУ«МЭИ»)

МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Для многих производств остро стоит проблема оперативного определения качества воды. Но из-за большого количества показателей, таких как минерализация, электропроводность, кислотность, жесткость, биохимическое потребление кислорода (БПК), химическое потребление кислорода (ХПК) и т.д., анализ представляет собой сложную задачу. Желательно анализ качества основывать на тех показателях, которые наиболее информативно представляют данные о состоянии исследуемой пробы, в чем и заключается актуальность данной работы.

Целью работы явилось определение качества исследуемых вод по двум показателям – окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) и величины концентрации ионов водорода. В зависимости от значения ОВП (Eh) различают несколько видов, встречающихся в природных водах:

- окислительная ($Eh > 100—300$) мV,
- переходная окислительно-восстановительная ($Eh = 0—100$) мV;
- восстановительная ($Eh < 0$).

Значения окислительно-восстановительных потенциалов для каждой отдельной реакции могут быть положительными и отрицательными [1].

Соотношение веществ-окислителей и компонентов-восстановителей устанавливаются индексом ОВП, зависящего от их взаимосвязи.

Экспериментально были исследованы различные виды вод, определены значения их Eh и Ph, что позволило сделать вывод, что система ОВП и Ph может служить критерием состояния исследуемых вод.

Литература

1. Коровин Н.В. Общая химия. М.: Высшая школа, 2007.

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА НДС ВЕЩЕСТВ И МИКРООРГАНИЗМОВ, ПОСТУПАЮЩИХ СО СТОЧНЫМИ ВОДАМИ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ

Целью данной научно-исследовательской работы являлась разработка проекта нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов, поступающих в водный объект (река Ликова) для водопользователя.

Нормативы допустимых сбросов (НДС) установлены для водопользователя в соответствии с показателями массы химических веществ, иных веществ и микроорганизмов, допустимых для поступления в окружающую среду от стационарных источников (очистных сооружений хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных вод) в установленном режиме и с учетом технологических нормативов, при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

Охрана вод организуется с целью защиты водного объекта, здоровья населения, обеспечения благоприятных условий водопользования и экологического благополучия водных объектов.

Нормативы сброса веществ и микроорганизмов регламентируют отведение в водоемы и водотоки возвратных вод, а также дождевые, талые и поливомоечные воды застроенных территорий, сбросные воды мелиоративных систем и дренажные воды.

В ходе работы были проведены: морфометрические наблюдения за особенностями вод и состоянием водоохраной зоны реки Ликова в месте водопользования, анализ эффективности работы очистных сооружений, анализ фоновой загрязненности реки Ликова, расчет нормативов допустимого сброса загрязняющих веществ и микроорганизмов в водные объекты и расчет фактического сброса загрязняющих веществ и микроорганизмов.

Были разработаны: программа проведения измерений качества сточных вод и вод поверхностного водного объекта по гидрохимическим и микробиологическим показателям, программа наблюдений за морфометрическими особенностями вод поверхностного водного объекта, программа наблюдений за состоянием водоохраной зоны водного объекта.

Был определен объем допустимого сброса сточных вод жилого микрорайона, поступающий в реку Ликова по единому выпуску после очистных сооружений биологической и механической очистки.

М.А. Блохина, А.С. Гуляева, учащиеся; рук-ли Л.А. Герасина, методист; И.М. Ладенкова, к.х.н., учитель химии (ГБОУ Школа № 2126 «Перово», Москва)

ПРИРОДНЫЕ И ИСКУССТВЕННЫЕ КРАСИТЕЛИ. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Актуальность работы обусловлена все возрастающими требованиями экологического характера к процессам получения и применения синтетических красителей для крашения текстильных материалов, а также все более активным обсуждением вопроса о приближающейся нехватке нефтяного сырья для промышленного органического синтеза, в том числе и синтеза красителей. Вышеизложенное ставит вопрос о поиске экологически «мягких», естественным образом возобновляемых красителей. Одним из видов подобных красителей являются красители, выделяемые из растительного сырья [1].

Цель работы: нахождение экологически-перспективного и стойкого способа окрашивания хлопчатобумажных тканей.

В работе были поставлены следующие задачи: 1) изучение истории окрашивания тканей и элементов этнокультуры; 2) изучение способов окрашивания хлопчатобумажной ткани природными и искусственными красителями; 3) практические исследования по окрашиванию тканей различными видами красителей (природными и искусственными); 4) изучение стойкости окрашивания путем воздействия на образцы тканей моющими средствами и солнечным светом; 5) изучение токсикологии веществ, используемых при окрашивании; 6) выбор наиболее эффективных, стойких и экологически чистых красителей; 7) нахождение вариантов творческого применения технологий окрашивания в повседневной жизни.

В ходе работы предпочтения были отданы природным красителям без применения солей тяжелых металлов и веществ, способных вызывать аллергические реакции. При использовании природных красителей были найдены пути обеспечения высокой устойчивости окраски к действию света и физико-химическим воздействиям при стирке. В качестве природной основы использовались экстракты растений, распространенных на территории РФ. Экстрагирование происходило на основе водных и спиртовых вытяжек.

Литература

1. **Неборако О.Ю.** Химическая модификация и исследование свойств природных красителей растительного происхождения: Автореф. дисс.... канд. хим. наук. Москва, 2005.

С.А. Горин, студ.; рук. А.Л. Суздалева, д.б.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МЕЖБАССЕЙНОВОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Происходящие в настоящее время глобальные климатические изменения приводят к заметному перераспределению нормы осадков: на одних территориях происходят наводнения, а на других засухи.

Так, в конце лета 2016 года в Приморье за сутки выпала месячная норма осадков (70 мм). В результате 15 крупнейших рек региона вышли из берегов и затопили 32 населенных пункта. А в расположенной рядом Бурятии второй год подряд наблюдается засуха. Подобные явления нередки как в России, так и во всем мире. Одним из решений данной проблемы является межбассейновое перераспределение водных ресурсов (МПВР). Этот подход в различных технологических исполнениях используется во многих странах мира (табл. 1), обеспечивая переброску излишка водных ресурсов в районы с водным дефицитом.

Таблица 1

Объем МПВР в мире по континентам и странам

Континент (количество стран)	Существующие МПВР		Проектируемые МПВР	
	Количество	Объем, млрд м ³ /год	Количество	Объем, млрд м ³ /год
Азия (10)	62	293	46	315
Америка (5)	78	164	11	700
Европа (11)	52	126	11	35
Африка (8)	21	9	9	37
Океания (1)	6	5	2	2
Всего (35)	219	597	79	1089

Еще в СССР в 70—80 гг. были разработаны многочисленные проекты перераспределения стока рек страны, не нашедшие применения [1]. Сейчас в условиях развития парникового эффекта данные проекты как никогда актуальны. Их корректировка и переосмысление стали настоящей необходимостью [2]. Эти проекты лежат в основе разрабатываемой нами методики создания природно-технических систем по межбассейновому перераспределению мобильных водных ресурсов рек России [3].

Литература

1. Березнер А.С. Территориальное перераспределение речного стока европейской части РСФСР. Л: Гидрометеоздат, 1989.
2. Суздалева А.Л. Гидротехническое строительство при организации рынка ресурсов пресной воды // Гидротехническое строительство. 2015. № 9.
3. Суздалева А.Л. Создание управляемых природно-технических систем. М: Энергия, 2016.

А.Д. Дмитриева, Т.А. Короткова, учащиеся (ГБОУ Школа № 2126 «Перово»); рук-ли И.М. Ладенкова, к.х.н., учитель химии (ГБОУ Школы № 2126 «Перово»); Р.Н. Рамазанов, асп. (НИЯУ МИФИ, Москва)

АНАЛИЗ ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Оптические изомеры (энантиомеры), обладающие различными физиологическими свойствами, химически неразличимы. Часто только один из них обладает терапевтическим эффектом, тогда как его антипод может быть токсичным. Это может привести к неблагоприятным последствиям. Физические методы анализа помогают решить эту проблему. Таким образом, работа, в рамках которой исследуются оптически активные вещества, является актуальной [1].

Целью работы является определение удельного вращения доступных образцов углеводов и витаминов поляриметрическим методом. В ходе работы была создана демонстрационная установка, позволяющая наглядно показать явление поляризации, продемонстрировать закон Малюса, а также зависимость угла поворота плоскости поляризации оптически активными веществами от частоты света и концентрации вещества. Установка была создана на основе оптической скамьи с осветителем, на которой были размещены поляризатор, анализатор со шкалой и съемный светофильтр. Между анализатором и поляризатором устанавливается кювета с раствором [2]. Также была создана лабораторная установка в меньшем масштабе и разработан лабораторный практикум для учеников 11 класса.

При помощи поляриметра были проведены измерения удельного вращения сахарозы, глюкозы, фруктозы, аскорбиновой кислоты разных производителей. Для каждого вещества была проведена серия измерений для различных концентраций. Зависимости угла поворота от концентрации достаточно точно аппроксимируются прямой, при этом углы наклона прямых в пределах погрешности совпадают со справочными значениями для данных веществ [3,4]. Таким образом, изучаемые вещества были чистыми энантиомерами, а не рацемическими смесями, что говорит об их качестве и добросовестности производителей.

Литература

1. **Леенсон И.А.** Левое или правое? // Химия и жизнь. 2009. № 5.
2. **Травень В.Ф.** Органическая химия: учебник для вузов: В 2 т. М.: ИКЦ «Академкнига», 2005.
3. **Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.** Излучение. Волны. Кванты // Фейнмановские лекции по физике. М.: «Мир», 1965. Т. 3.
4. **Барковский В.Ф., Горелик С.М., Городенцева Т.Б.** Практикум по физико-химическим методам анализа. М.: Высшая школа, 1963. С. 132—149.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ОСВЕЩЕНИЯ В ТЕМНОЕ ВРЕМЯ СУТОК

Ресурсы нашей планеты крайне ограничены, поэтому с каждым годом все острее встает вопрос об экономии энергии. Снизить энергопотребление приборов не всегда возможно.

Целью работы является разработка устройства, которое позволит уменьшить расход электроэнергии путем сокращения времени использования электроприборов и спланировать интенсивность их использования.

Разрабатываемое устройство позволяет не только экономить электроэнергию, но обеспечивает комфортный для человека уровень освещения. С помощью фотодатчика оно сможет определить текущий уровень освещенности и отрегулировать интенсивность источников света. Благодаря этому на рабочем месте всегда будет поддерживаться комфортный для человека уровень освещенности, соответствующий санитарным нормам и правилам (рис. 1). Регулировка будет осуществляться автоматически с помощью реализованной обратной связи.

Согласно ГОСТ на рабочих местах уровень освещенности должен составлять не менее 200 лк [1]. Этот показатель учитывает как искусственное, так и естественное освещение. Естественное освещение может изменяться в течение дня и зависит от погодных условий и некоторых случайных факторов (например, чистоты оконных проемов).

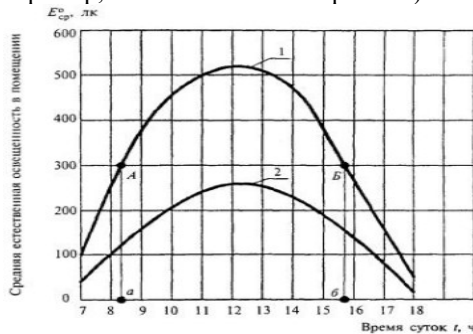


Рис. 1. График средней естественной освещенности в помещении в течение рабочего дня

Таким образом, разрабатываемое устройство позволит сэкономить значительное количество электроэнергии, которое можно будет использовать на производстве и в бытовой сфере.

Литература

1. ГОСТ 12464—1. Свет и освещение. Освещение рабочих мест. М.: Стандартинформ, 2011. 66 с.

В.С. Пеньков, студ.; рук. Е.В. Фёдорова, к.м.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПУТИ СНИЖЕНИЯ КАНЦЕРОГЕННОЙ ОПАСНОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

По данным Росстата за 2014 г. доля лиц, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда в металлургическом производстве и в производстве готовых металлических изделий составляла более 50 % [1].

Целью исследования является анализ вредных и опасных производственных факторов у работников агломерационного производства, коксового цеха, листопрокатного цеха (ЛППЦ), а также на производствах толстолистого проката и металлов с покрытием.

Была проанализирована работа крупного металлургического комбината с полным металлургическим циклом, начиная от добычи сырья и до получения основных видов продукции: кокса, чугуна, стали, проката листового и сортового, тонкого листа с покрытиями.

Было установлено, что в данных цехах возможны выделения в воздух рабочей зоны вредных химических веществ 1—4 класса опасности, обладающих фиброгенным, канцерогенным, остронаправленным механизмом действия, веществ, опасных для репродуктивного здоровья, генерация шума, общей и локальной вибрации, ионизирующего и неионизирующего излучений.

На данных производствах основным вредным производственным фактором, определяющим вредный класс условий труда, является химический фактор. Известно, что производство чугуна и стали (агломерационные процессы, доменное и сталеплавильное производство), горячий прокат и литье из чугуна и стали относятся к канцерогенно опасным производствам [2].

При анализе профессиональной заболеваемости работников было установлено, что рак легкого и миелолейкоз составляют более 14 % в ее структуре.

Были установлены канцерогены, с которыми наиболее часто контактируют работники, а также разработаны мероприятия, направленные на снижение класса вредности условий труда.

Литература

1. **Чеботарёв А.Г., Прохоров В.А.** Современные условия труда и профессиональная заболеваемость металлургов // Медицина труда и промышленная экология. 2012. № 6. С. 1—7.
2. **СанПиН 1.2.2353-08.** Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ ЭЛЕКТРОРАЗЯДНЫМИ МЕТОДАМИ

В настоящее время нефтепродукты являются одним из важнейших энергоносителей для человечества. Загрязнение континентальных и океанических вод углеводородами являются одним из основных видов загрязнения гидросферы современным цивилизованным обществом. Углеводородное загрязнение возникает в результате многих факторов, связанных с добычей нефти, ее транспортировкой танкерами и использованием нефтепродуктов в качестве топлива и смазочных материалов [1,2].

В разных странах в качестве питьевой воды используют воду из поверхностных или подземных источников. К сожалению, все они подвержены загрязнению нефтепродуктами. И так как современное общество не может полностью отказаться от использования такого вида топлива, то главной задачей становится предотвращение попадания его в водную среду и очистка загрязненной воды от углеводородных включений.

Важной задачей на сегодняшний день является охрана и восстановление качества природных вод источников питьевого водоснабжения, улучшение обеспечения населения питьевой водой высокого качества, рациональное использование водных ресурсов.

В ходе работы была проведена разработка технологии очистки воды от углеводородных включений с помощью лавиностримерного разряда. Для решения этой задачи был проведен анализ методов обработки воды и выявление перспективных методов очистки от углеводородов, проведен выбор наиболее подходящего электроразрядного метода водоочистки, а также проведено практическое исследование деструкции углеводородов в воде под действием разряда на лабораторной установке.

Литература

1. **Хохрякова Е.А., Резник Я.Е.** Водоподготовка: Справочник / под ред. С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007.
2. **Рентгеновское и ультрафиолетовое излучение фаз разряда** / А.В. Огинов, С.А. Чайковский, В.А. Богаченков, К.В. Шпаков // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2010: Тезисы докладов. Т. 1. М., 2010. С. 197.

В.С. Соколов, студ.; рук. А.Л. Суздалева, д.б.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ СОЗДАНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Термин «природно-техническая система» употребляется в научнотехнической литературе и ряде нормативных документов. Вместе с тем его официальное определение в настоящее время отсутствует. Примем, что природно-техническая система (ПТС) — это совокупность природных, природно-техногенных и техногенных объектов, условия существования которых взаимосвязаны и взаимозависимы [1]. Состояние этой системы определяется комплексом природных и техногенных факторов.

До сих пор не существует и специальной отрасли знаний, предметом которой являлось бы исследование ПТС и разработка методов управления ими. В то же время глобализация процессов техногенеза привела к тому, что сейчас практически все существующие экосистемы, в той или иной мере, превратились в ПТС.

Рассмотрим развитие управляемых ПТС в трех различных направлениях. Во-первых, формирование систем для удобства человека. Сложность в таких ПТС представляет систематическое поддержание их функционирования. Этот путь наиболее изучен и широко используется. Второй путь — создание ПТС для технических нужд. Яркими примерами являются ПТС на базе водоемов-охладителей атомных электростанций, обеспечивающие высокий КИУМ и безаварийную работу. Третье направление — это создание ПТС рационального природопользования [2]. Например, для разрешения наступающего мирового кризиса водопользования могут быть актуализированы нереализованные отечественные проекты по межбассейновому перераспределению вод, разработанные в прошлом веке. [3, 4]. Их реализация — это не что иное, как создание крупномасштабных межрегиональных ПТС. Очевидно, что высказанное мнение противоречит устаревшим стереотипам экологического мышления. Их преодоление потребует синкретического видения проблемы и междисциплинарного подхода к ее решению.

Литература

1. Суздалева А.Л. Создание управляемых природно-технических систем // Естественные и технические науки. 2016. № 8. С. 43—46.
2. Суздалева А.Л., Смирнова А.М. Роль природно-технических систем в создании управляемой биотехносферы // Естественные и технические науки. 2016. № 6. С. 98—100.
3. Березнер А.С. Территориальное перераспределение речного стока европейской части РСФСР. Л: Гидрометеиздат, 1989.
4. Суздалева А.Л., Горюнова С.В. Экологические основы формирования международного рынка ресурсов пресной воды. 2014. № 4. С. 85—92.

*Н.А. Тигунов, учаш. (ГБОУ Школа № 2126 «Перово»);
рук. В.В. Скибенко, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ДОЗ КОАГУЛЯНТОВ ПРИ ОЧИСТКЕ ВОД

Коагулянты с давних пор применялись при подготовке питьевой воды, что объясняется их простотой и высокой эффективностью использования. Найденные закономерности применения коагулянтов не всегда можно использовать для очистки сточных вод из-за различий природных и сточных вод по содержанию и химическому составу загрязнений. В процессе гидролиза коагулянтов происходит снижение рН среды, что отрицательно влияет на дальнейший гидролиз и образование хлопьев коагулянта. С повышением температуры воды растворимость коагулянта уменьшается, и коагуляция проходит эффективнее.

Целью работы было определение оптимальных значений рН и температуры для повышения эффективности процесса коагулирования и уменьшения дозы коагулянта с экономической точки зрения.

В экспериментальных исследованиях в качестве загрязнений в сточной воде использовалась бентонитовая пыль различной фракции (0,1; 0,2; 0,312 мм) [1]. Широкое применение в очистке сточных вод в нашей стране нашли сульфатные коагулянты (суммарная мощность производства более одного миллиона тонн в год), поэтому были взяты соли алюминия $Al_2(SO_4)_3$ [2].

В процессе исследований было установлено, что оптимальное значение рН, при котором целесообразно проводить коагулирование, зависит от свойств воды (щелочность и минерализация), но в любом случае в интервале 5,5—7,5. Растворимость гидроксида алюминия уменьшается с понижением рН воды, а также с повышением ее температуры, при этом и использование дозы коагулянта уменьшается, что существенно с экономической точки зрения при очистке сточных вод.

Литература

1. **Контроль** состояния окружающей среды и защита от антропогенных загрязнений / под ред. В.В. Скибенко. М.: Издательский дом МЭИ, 2009.
2. **Технология** коагулянтов / под ред. К.В. Ткачева. Л.: Химия, 1998.

А.В. Трусилина, студ.; рук. В.С. Малышев, д.б.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ РЕСПИРАТОРНОГО ЦИКЛА РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С РАЗЛИЧНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ БРОНХИАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

Актуальным вопросом является диагностика различных профессиональных заболеваний с целью своевременного выявления патологии и применения наиболее эффективных методов лечения. Особое внимание уделяется болезням, связанным с дыхательной системой человека, в наибольшей степени подверженной воздействию пыли, образующейся во время рабочего процесса [1,2]. В связи с этим необходимо создание методики определения функциональной зависимости между установленным диагнозом и параметрами паттерна.

Перспективным способом исследования профессиональных дыхательных патологий является регистрация респираторных циклов с применением диагностического комплекса «PATTERN», разработанного на кафедре ИЭиОТ НИУ «МЭИ» [3].

Была осуществлена экспериментальная регистрация паттернов дыхания для группы лиц, подвергавшихся воздействию вредных производственных факторов (пылей, газовых смесей, аэрозолей) во время рабочего процесса и обладающих рядом особенностей: гендерным признаком, стажем работы и наличием профессионального заболевания, которое установлено специалистом. При помощи методов статистической обработки данных (ПК «Statistica» и «Excel») был проведен анализ полученных результатов и выявлено наличие временных пауз в дыхательных циклах, имеющих диагностическое значение. Получена зависимость между конкретным профессиональным заболеванием и параметрами временных пауз респираторного цикла.

В результате проделанной работы установлена функциональная связь между нозологией заболевания и дыхательными характеристиками лиц, подверженных вредному влиянию производственных факторов на организм в период их трудовой деятельности.

Литература

1. **Российский** статистический ежегодник. Федеральная служба государственной статистики, 2015 г. Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/b15_13/Main.htm.
2. **Измеров Н.Ф.** Здоровье трудоспособного населения России // Медицина труда и промышленная экология. 2005. № 11.
3. **Патент** 2038041 Российская Федерация, МПК6 C1 A61B5/08. Способ регистрации дыхательных шумов / В.С. Малышев, С.Н. Ардашникова, С.Ю. Каганов. Опубл. 27.06.1995.

Н.С. Чикина, студ.; рук. И.В. Королёв, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ОТ БЫТОВЫХ ПРИБОРОВ НА ЧЕЛОВЕКА

В последнее время наблюдается интенсивное внедрение в быт человека различной техники, оказывающей влияние на его организм посредством воздействия электромагнитных полей (ЭМП). Многочисленные исследования в области биологического действия ЭМП позволяют определить наиболее чувствительные системы организма человека: нервная, иммунная, эндокринная и половая [1]. Защита человека, его здоровье являются приоритетными темами современных исследований [2].

В работе было рассмотрено воздействие ЭМП различной интенсивности и частотного диапазона на организм человека, рассмотрены способы снижения уровня воздействия данного вида излучения. Рассмотрено нормирование ЭМП в России, а также соответствующие международные нормы.

Анализ экранов для защиты от магнитных полей (МП) показал, что использование современных аморфных и нанокристаллических сплавов для защиты человека, производственных объектов, специально оборудованных лабораторий позволяет существенно улучшить защиту от вредного воздействия магнитных полей промышленной частоты.

Проведены измерения и расчеты по уровню МП промышленной частоты бытовых электроприборов в зависимости от расстояния и приведена сравнительная характеристика полученных данных с нормированными значениями.

В результате можно сделать вывод, что максимальный вред организму человека наносится при комбинированном и постоянном воздействии ЭМП от нескольких источников. Общим правилом защиты от влияния ЭМП от бытовых приборов является ослабление уровня их излучения, минимизация количества источников, сокращение времени воздействия и защита расстоянием. К наиболее рациональным методам защиты относятся организационные, так как они позволяют снизить уровни воздействия ЭМП от устройств с наиболее оптимальным отношением экономических затрат к достигаемому эффекту снижения воздействия на человека.

Литература

1. Колечицкий Е.С., Романов В.А., Карташев В.Г. Защита биосферы от влияния электромагнитных полей. М.: Издательский дом МЭИ, 2008.

2. Грачёв Н.Н., Мырова Л.О. Защита человека от опасных излучений. М.: Бинном. Лаборатория знаний, 2005.

С.А. Чувирова, асс.; рук. О.Е. Кондратьева, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ НА РЫБ

Разработка нормативов на предельно допустимые уровни воздействия электромагнитных полей (ЭМП) на биосферу является необходимой задачей для определения мест постройки линий электропередач (ЛЭП) без отрицательного воздействия на окружающую природную среду. Для введения нормативов необходимо проанализировать характер воздействия ЭМП на различные виды живых организмов. В данном исследовании в виде объекта были выбраны рыбы [1].

Все виды рыб делятся на три группы: сильноэлектрические, слабоэлектрические и неэлектрические. Некоторые виды рыб являются электрически активными. Биогенное электричество они используют для пространственной ориентации. Сильные электромагнитные поля воздействуют непосредственно на нервные центры любого вида рыб, а переменный ток вызывает у них сильное возбуждение. После его воздействия рыба долгое время находится в состоянии электрогипноза.

Исследованиями воздействия ЛЭП на водные системы с начала 80-х гг. занимались С.С. Шевченко, Р.А. Новицкий, М.А. Гордеева. Было доказано, что высоковольтные линии, пересекая водоемы, наводят в водной среде электрические поля разной величины. ЭМП в состоянии вытеснить многих рыб и беспозвоночных из зоны наведенных электротокков. Большую опасность высоковольтные ЛЭП могут нести в районе нерестилищ ценных видов рыб. Например, веслонос проявляет реакцию избегания при напряженности электрического поля в $0,000015$ кВ/м [2], т. е. еще до попадания в зону наведенных электрических полей. По данным биотелеметрических наблюдений осетровые, мигрирующие по Волге, иногда задерживаются воздушными переходами ЛЭП.

В работе показано, что ЭМП промышленной частоты оказывают негативное влияние на водные организмы. Причем, если в непроточном водоеме достаточно стандартной санитарной защитной зоны (СЗЗ), то в проточном водоеме необходимо дополнительно рассчитывать размеры СЗЗ. Пренебрежение воздействием ЭМП промышленной частоты на водоемы может привести к изменениям путей миграции, угнетению и вымиранию рыб и другой фауны водоемов.

Литература

1. Колечицкий Е.С., Романов В.А., Карташев В.Г. Защита биосферы от влияния электромагнитных полей: учебное пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2008.
2. Новицкий Р.А. Электрические поля в жизни рыб. М.: Издательство «Воениздат», 2004.

СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ. ИНФОРМАЦИОННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Наряду с физическим, химическим и биологическим видами существует информационное загрязнение окружающей среды. Под информационным загрязнением подразумевают засорение информационных ресурсов ненужными, неподходящими и низкокачественными данными. Распространение ненужной и нежелательной информации может иметь пагубное действие на деятельность человека. Сознание человека в значительно большей степени, нежели раньше, испытывает информационно-психологические перегрузки [1].

Социальные сети — один из источников информационного загрязнения. Целью работы является исследование уровня воздействия социальных сетей и нахождение путей обеспечения информационно-экологической безопасности.

В работе ставились следующие задачи:

1. Изучение литературных источников по проблеме информационного загрязнения окружающей среды.
2. Оценка влияния социальных сетей на человека с выявлением отрицательных воздействий.
3. Расчет потока информации из виртуального пространства и выявление уровня ненужной информации.
4. Нахождение путей обеспечения защиты от информационного потока.
5. Повышение уровня осведомленности по данной проблеме.

В ходе исследования было выявлено, что значительная часть современных людей является пользователем соцсетей. Рассчитано, что из виртуального мира пользователи получают огромное количество информации, из которой 80—90 % это ненужная и лишняя информация, вызывающая большие информационно-психологические перегрузки.

Работа показала необходимость глубокого анализа воздействий интернет-ресурсов на развитие человека, разработки оптимальных условий, обеспечивающих возможности развития личности с целью предупреждения нежелательных последствий в их психологическом, физическом и социокультурном развитии [2].

Литература

1. **Ключников С.Ю.** Мастер жизни. Психологическая защита в социуме. М.: Беловодье, 2001.

2. **Иезуитов А.Н.** Философские основы информационной безопасности: теория и практика // Информационная безопасность регионов России: Материалы конференции ИБРР-2001. СПб, 26—29 ноября 2001 г. Том 2. С. 64—68.

Направление
ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ

Научный руководитель направления —

к.э.н., доцент Д.Г. Шувалова

Секция 28

ЭКОНОМИКА В ЭНЕРГЕТИКЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Председатель секции — к.э.н., доцент каф. ЭЭП
Д.Г. Шувалова
Секретарь секции — к.э.н., доцент А.Ю. Амелина

Д.Я. Алейник, студ.; рук. О.Н. Космачёва, ст. преп.
(филиал МЭИ в г. Смоленске)

ЛИКВИДНОСТЬ И ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТЬ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА

Понятия ликвидности и платежеспособности являются очень тесными, но первое более емкое.

Ликвидность определяется способностью организации быстро и с минимальным уровнем финансовых потерь преобразовать свои активы в денежные средства. Ликвидность баланса тесно связана с понятием платежеспособности, так как отражает способность предприятия своевременно рассчитываться по долговым обязательствам. В то же время ликвидность характеризует как текущее состояние расчетов, так и перспективу. Организация может быть неплатежеспособной на отчетную дату, но иметь благоприятные возможности в будущем, и наоборот. Таким образом, ликвидность – это способ поддержания платежеспособности [1].

Проанализируем платежеспособность ООО «ФЕНИКС-Н» за период 2013—2015 гг. по показателям ликвидности в табл. 1.

Таблица 1

Динамика показателей ликвидности ООО «ФЕНИКС-Н»

Наименование коэффициента	Норма	Период			2015 г. к 2013 г., %
		2013 г.	2014 г.	2015 г.	
Коэф. абсол.ликв.	0,15—0,2	0,45	0,53	0,56	124,4
Коэф. быстр. ликв.	0,5—0,8	0,70	0,80	0,81	115,3
Коэф. тек. ликв.	1—2	2,77	3,17	2,76	99,6
Коэф. собств.плат.	Индив.	1,77	2,17	1,76	99,4
Общ.показат. плат.	Индив.	1,54	1,53	1,52	98,7

Коэффициенты абсолютной и быстрой ликвидности, рассчитанные за исследуемый период показывают неплохую динамику роста: за три года они увеличились на 24,4 и 15,3 % соответственно, что говорит о том, что предприятие с каждым годом наращивает свои возможности по погашению своих задолженностей.

В целом из динамики показателей видно, что данное торговое предприятие, реализующее продукты питания, в условиях кризиса чувствует себя уверенно в плане платежеспособности.

Литература

1. **Шеремет А.Д.** Анализ финансового состояния предприятия. М.: ИНФРА, 2014.

РАВ-РЕГУЛИРОВАНИЕ: ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

До начала 90-х гг. в отношении тарифов в электроэнергетике применялось государственное регулирование. Установление рыночных цен на электрическую энергию стало возможным после проведения структурных преобразований в электроэнергетике.

Основная цель преобразований – добиться снижения издержек производства и сбыта электроэнергии и минимизации тарифов. В отношении тарифообразования на передачу электрической энергии применяются следующие методы ценового регулирования: метод экономически обоснованных расходов, метод экономически обоснованной доходности инвестированного капитала, метод индексации тарифов, метод аналогов.

После преобразований в электроэнергетике РФ основным методом стал метод экономически обоснованных расходов, который затем утратил свою значимость. В 2011 году в тарифообразовании электроэнергетики был предусмотрен переход к RAB-регулированию. Новая методика тарифного регулирования была направлена на привлечение инвестиций в строительство и модернизацию инфраструктуры и стимулирование эффективных расходов регулируемых организаций.

Было проведено сравнение (табл. 1) двух вышеперечисленных методов, применяемых в тарифообразовании электроэнергетики РФ.

Таблица 1

Сравнение методов ценового регулирования

Параметр	Метод экономически обоснованных расходов	RAB-регулирование
Период регулирования	1 год	3—5 лет
Стимул снижать операционные расходы	Экономия 2 года	Экономия 5 лет, остается в компании
Источники для оплаты инвестиций	Амортизация + прибыль текущего года	Акционерный и заемный капитал
Регулирование надежности и качества обслуживания потребителей	Нет	Инвестиционные программы и НВВ привязаны к уровням надежности

В ходе сравнения было установлено, что метод RAB-регулирования носит долгосрочный характер, а его установление позволит инвестору возместить вложенный капитал через тарифы, установленные для потребителей.

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

В настоящее время большую роль в энергоснабжении потребителей играют распределительные трансформаторные подстанции (РТП). На данный момент состояние электрооборудования на РТП имеет высокий физический и моральный износ, что вызывает необходимость решения задачи технического перевооружения и строительства новых подстанций.

Одно из наиболее динамично развивающихся направлений в этой сфере — цифровая подстанция (ЦПС), вторичные цепи которой выполнены в виде цифровых каналов передачи данных, позволяющих отказаться от использования аналоговых сигналов внутри систем автоматизации и перейти к цифровой форме обмена и обработки данных.

Цель работы — оценка экономической эффективности применения концепции цифровой подстанции (ЦПС) на типовой РТП 20 кВ и сравнение ее с традиционной.

Были выявлены следующие преимущества ЦПС: сокращение стоимости замены системы защиты и управления подстанцией, повышение надежности и, как следствие, сокращение недоотпуска энергии, экономия за счет сокращения сроков регламентированного обслуживания ЦПС, снижение стоимости оборудования в сравнении с традиционным решением, обеспечение многократного резервирования коммуникаций вторичных устройств с первичным оборудованием, повышение точности измерений. В табл. 1 приведены результаты расчетов показателей экономической эффективности проектов.

Таблица 1

Сравнительная оценка эффективности проектов

Показатель	Традиционная подстанция	Цифровая подстанция
ЧДД, тыс. руб	87 727,19	92 925,95
ИДД	3,21	3,71
ВНД, %	31	34
Дисконтированный ток	3 года 9 мес.	3 года 4 мес.

Согласно расчетам оба проекта являются эффективными, однако по всем показателям проект по замене вторичных систем РТП 20 кВ с применением концепции цифровой подстанции на базе национального проекта iSAS имеет преимущество.

М.И. Бадурова, студ.; рук. И.С. Андрюшина, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ КАПИТАЛА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

В современных условиях любое предприятие осуществляет поиск источников финансирования для реализации своей операционной, инвестиционной и финансовой деятельности. Решения по финансированию должны удовлетворять не только таким параметрам, как стоимость, риск, срочность и доходность, но и простота привлечения, доступность, возможность сохранения прав контроля над организацией [1].

Выбранная тема актуальна, так как в современных экономических условиях одной из наиболее важных задач является нахождение оптимальной структуры капитала, и обеспечена максимизация стоимости компании. Особую важность решение этой проблемы приобретает в базовых отраслях экономики, одной из которых является электроэнергетика [2].

Электроэнергетические предприятия требуют больших объемов финансирования, что обусловлено высокой стоимостью основных производственных фондов, существованием естественной монополии, а также сохранением государственного регулирования отрасли с целью поддержания баланса экономических интересов потребителей и поставщиков.

Управление структурой капитала предприятий электроэнергетики направлено на максимизацию стоимости компании. Структура капитала предприятия отражает соотношение всех форм собственного и всех форм заемного капитала для финансирования и развития организации.

Проведенные исследования на примере нескольких крупных энергетических компаний показали, что для электроэнергетической отрасли характерно такое соотношение капитала: 70 % — собственный капитал и 30 % — заемный капитал. При такой структуре капитала предприятия отрасли, как правило, показывают растущую прибыль и увеличение стоимости бизнеса [3].

Полученные результаты могут быть использованы энергетическими компаниями в качестве рекомендаций в целях управления стоимостью компании.

Литература

1. **Брейли Р., Майерс С., Аллен Ф.** Принципы корпоративных финансов. М.: Издательский дом «Вильямс», 2015.
2. **Никитушкина И.В.** Корпоративные финансы. М.: Юрайт, 2015.
3. [Электронные ресурсы]. URL: <http://www.moesk.ru/>; <http://www.rushydro.ru/>; <http://www.mosenergo.ru/>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Данная работа посвящена исследованию влияния параметров внешней среды на эффективность проекта освоения и разработки нефтегазового месторождения «Goliat» норвежского континентального шельфа. Актуальность работы определяется повышением требований к отбору инвестиционных проектов в нефтегазовой сфере, а также стремлением компаний диверсифицировать свои активы. К основным факторам неопределенности и риска в нефте- и газодобыче относятся: цены на энергоносители, технологии, CAPEX & OPEX, количество извлекаемых ресурсов, фактор времени [1].

Анализ сценариев (табл. 1) показывает, что окупаемость очень чувствительна к ценам на нефть и темпам добычи. Также стоит отметить влияние капитальных затрат. В то же время текущие операционные затраты не оказывают такого сильного влияния на проект.

Таблица 1

Результаты анализа сценариев

Показатель	Сценарий									
	Базовый	Рост цен на нефть	Малые запасы	Большие запасы	Большие CAPEX	Малые CAPEX	Большие OPEX	Малые OPEX	Задержка начала	Расширение месторождения
Цена на нефть, \$/бар	40	50	40	40	40	40	40	40	50	40
ЧДД, млн.\$	-166	363	-572	298	-503	34,4	-256	-117	239	230
Ток, лет	—	7,91	—	7,95	—	9,3	—	—	10,3	10,7
ВНД, %	5,1	10,6	0,5	10,1	2,05	7,42	3,7	5,7	9,6	9,1

Текущая ситуация с рекордно низкими уровнями цен на нефть негативным образом сказывается как на всей отрасли, так и на выбранном проекте. При стоимости барреля около \$43,5 и ниже проект является нерентабельным.

Литература

1. Кузьмин Т.Г., Молодых П.В. Экономика инвестиционного проекта в нефтегазовой отрасли: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 261 с.

АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА СПРАВЕДЛИВОЙ ЦЕНЫ АКЦИЙ

При выборе компании потенциальный инвестор, рассчитывающий максимизировать свою прибыль, не должен ориентироваться лишь на рыночную котировку, так как существует совокупность внутренних факторов эмитента, которые отражают эффективность его деятельности. Отсюда возникает необходимость определения справедливой стоимости компании, которая позволит инвестору спрогнозировать направление изменения рыночной цены, которая согласно постулату фундаментального анализа будет стремиться к справедливой [1].

Для определения реальной цены инвестор, обращающийся к данным аналитических агентств, рискует столкнуться с проблемой достоверности оценки, кроющейся в самих методиках оценки.

Выделяют несколько методов по определению справедливой стоимости: метод дисконтированных денежных потоков; метод дисконтированной прибыли [2]; метод дисконтирования дивидендов [3]; модель Ольсона; метод мультипликаторов (сравнительный).

В отечественных изданиях дополнительно указывают на затратный подход. Перечисленные методы имеют ряд недостатков, существенно ограничивающих их применение, наиболее весомым из которых является нечеткое восприятие аналитиками факторов, которые стоят за показателем, и тем насколько он достоверно отражает состояние компании.

Для адекватной оценки справедливой цены акций как основного объекта инвестирования в современных условиях корпоративного финансирования нельзя применять каждый из вышеперечисленных методов по отдельности из-за турбулентности внешней экономической среды бизнеса и субъективной оценки участников финансовых рынков. Необходимо разработать комплексную модель учета, в которой будут оцениваться не только экономико-статистические показатели акций как объекта инвестирования, но и будет представлена факторная модель, базирующаяся на ситуационном подходе влияния факторов микро- и макроокружения бизнеса.

Литература

1. **Рынок** ценных бумаг: учебник для академического бакалавриата / под общ. ред. Н.И. Берзона. М.: Юрайт, 2015.
2. **Нэйман Э.** Малая энциклопедия трейдера. М.: Альпина Паблишерз, 2013.
3. **Шарп У., Александра Г., Бэйли Дж.** Инвестиции. М.: ИНФРА-М, 2014.

Т.В. Гулямов, студ.; рук. В.К. Лозенко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА НАЛОГА НА ИМУЩЕСТВО ТЭЦ С УЧЕТОМ ЛЬГОТ ПО ДАННОМУ НАЛОГУ

ТЭЦ представляют собой сложный единый комплекс, обеспечивающий непрерывный технологический процесс комбинированной выработки тепловой и электрической энергии. Существует два основных вида подключений ТЭЦ к потребителям – зависимое (подключается напрямую к потребителям) и независимое (подключается к жилищно-коммунальному комплексу (ЖКК), который перераспределяет тепловую энергию потребителям) [1]. Следовательно, оборудование, которое участвует в выработке только тепловой и комбинированной (одновременная выработка тепловой и электрической) энергии, непосредственно связано с ЖКК.

Согласно закону Москвы № 64 организации, относящиеся к ЖКК, содержание которых полностью или частично финансируется за счет средств бюджета Москвы, освобождаются от уплаты налога на имущество [2].

Предметом исследования определены процессы управления уплатой налога на имущество организаций, работающих в сфере теплоэнергетики. Объектом исследования выступают тепловые электростанции. На примере ПАО «Мосэнерго» будет оценен масштаб экономии в России.

При анализе научной литературы было установлено, что авторы уделяют внимание рассмотрению только воздействия налогового законодательства на деятельность организаций. Данный факт определяет научную новизну работы – разработки методики расчета налога на имущество ТЭЦ с учетом льгот по данному налогу. Актуальность исследования заключается в снижении налоговой нагрузки для минимизации издержек организаций в сфере теплоэнергетики и определяет цель работы – минимизацию издержек ТЭЦ за счет оптимизации уплаты налогов на имущество.

По предварительной оценке стоимость активов ПАО «Мосэнерго», участвующих в выработке тепловой и комбинированной энергии, составляет 226 млн руб. Следовательно, экономия может составить

$$226 \text{ млн руб.} \cdot 2,2 \% = 4\,972\,000 \text{ руб.}$$

Литература

1. **Современная** теплоэнергетика. М.: Издательский дом МЭИ. 2010. 470 с.
2. **Закон** города Москвы о налоге на имущество организаций № 64 // Собрание законодательств РФ, 2016.

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ПРИБЫЛИ НА ПРИМЕРЕ ПАО «МОСЭНЕРГОСБЫТ»

В условиях рыночной экономики основой экономического развития является прибыль — важнейший показатель эффекта работы и источник роста. Рост прибыли создает финансовую основу для осуществления расширенного воспроизводства предприятия и удовлетворения социальных и материальных потребностей собственников и работников фирмы. Правильный выбор направления анализа прибыли, четкое представление сильных и слабых сторон позволяют руководству принимать адекватные решения, снижать финансовые и инвестиционные риски, выявлять неиспользованные мощности [1].

Выявление резервов повышения прибыли предприятия всегда остается весьма актуальной задачей, поскольку прибыль представляет собой окончательный финансовый результат деятельности предприятия и главную цель предпринимательской и производственной деятельности, которая обеспечивает устойчивое экономическое развитие.

Рассмотрев в работе динамику прибыли ПАО «Мосэнергосбыт» можно констатировать, что общество потерпело существенное снижение всех финансовых результатов. Но на 2013 и 2014 годы показатель чистой прибыли возрастает на 15 846 тыс. руб., это связано с незначительным темпом прироста себестоимости. По результатам факторного анализа прибыли выявлено, что на повышение ее уровня до налогообложения оказывает влияние выручка, а также проценты к получению и прочие расходы, такие показатели, как коммерческие расходы и себестоимость продаж, приводят к значительному уменьшению прибыли [2].

На основе проведенного анализа были предложены такие мероприятия как: 1) ввод наиболее технологичного оборудования по автоматизации производства; 2) снижение расходов на оплату труда; 3) снижение материальных затрат; 4) увеличение собственных средств за счет сдачи помещений в аренду; 5) осуществление систематического контроля за работой оборудования и его своевременную наладку. Одним из главных условий достижения высоких результатов этих мероприятий является их параллельное проведение, хотя ряд предложенных мер имеют большую протяженность во времени и не сразу дают желаемый эффект. Тем не менее, по расчетам все они приведут к положительному результату.

Литература

1. **Лысенко Д.В.** Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности: учебник для вузов. М.: ИНФРА-М, 2010. 320 с.
2. **Официальный сайт** ПАО «Мосэнергосбыт». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mosenergosbyt.ru>.

Д.А. Дубов, студ.; рук. Е.М. Табачный, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЫ

Современная логистика немислима без активного применения информационно-коммуникационных средств в управлении бизнес-процессами. Развитие информационной инфраструктуры способствует не только активизации коммерческой деятельности и повышению конкурентоспособности, но и повышению эффективности управленческих решений. Последнее обстоятельство особенно актуально, поскольку традиционные методы управления информационными потоками в современных условиях не всегда обеспечивают необходимый уровень эффективности логистических операций [1].

Целью исследования является усовершенствование существующих методик построения информационно-логистической подсистемы предприятия.

Информационно-логистическая подсистема – совокупность структур, обеспечивающих процессы движения и обработки информационных потоков. В свою очередь они состоят из двух составных подсистем:

- 1) функциональная подсистема — совокупность решаемых задач, сгруппированных по признаку общности цели;
- 2) обеспечивающая подсистема — совокупность технических, методических и математических программ, обеспечивающих решение поставленных задач.

Наиболее распространенными информационно-логистическими подсистемами на сегодняшний день являются MRP-системы. Их основной задачей является минимизация запасов и обеспечение ритмичности производства и реализации продукции за счет оптимизации поступления необходимых материалов и комплектующих.

Однако методики построения этих систем не лишены недостатков и «узких» мест, например отсутствие контроля выполнения плана закупок, отсутствие учета уже имеющихся на складе запасов и некоторые другие.

Результатом уточнения и усовершенствования принципов формирования информационно-логистических подсистем ожидается снижение логистических издержек на 3—5 % и общее повышение эффективности логистических процессов предприятий.

Литература

1. Ардатова М.М. Логистика в вопросах и ответах: учебное пособие. М.: ТК Велби, издательство «Прспект», 2010. 272 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭЛЕКТРОСЕТЕВОМ КОМПЛЕКСЕ

В условиях сдерживания роста тарифов естественных монополий большое значение приобретает эффективность инвестиционной деятельности в естественно-монопольных секторах экономики. В настоящее время оценка эффективности инвестиционных проектов в электросетевом комплексе осуществляется следующими методами: 1) чистый денежный поток; 2) внутренняя норма доходности; 3) срок окупаемости (простой и дисконтированный); 4) отношение выгоды/затраты (при наличии доходной части). Вместе с тем применение указанных методов представляется недостаточным [1].

На практике существует, в частности, серьезная проблема строительства или реконструкции невостребованных впоследствии объектов электросетевого хозяйства, что может привести либо к росту тарифов для потребителей услуг сетевых организаций, либо в условиях сдерживания роста тарифов к невозврату вложенных сетевой организацией в такие инвестиционные проекты ресурсов. Последнее весьма негативно сказывается на инвестиционной привлекательности сетевых компаний. Так, по информации Минэнерго России анализ потребления 143 крупных потребителей (мощностью свыше 670 кВт) в Белгородской области показывает, что 109 потребляют сетевую мощность в размере ниже 60 % максимальной мощности, заявленной при технологическом присоединении, 71 — ниже 40 %, 29 — ниже 20 %. По Липецкой области из 67 крупных потребителей, 49 потребляют сетевую мощность в размере ниже 60 % максимальной мощности, заявленной при технологическом присоединении, 23 — ниже 40 %, 6 — ниже 20 % [2].

При этом тарифное регулирование предполагает установление зависимости степени загрузки объектов электросетевого хозяйства и НВВ сетевой организации, учитываемой при установлении тарифа.

С учетом инфраструктурной роли электросетевого комплекса традиционные экономические способы оценки эффективности инвестиционных проектов не всегда достаточны: необходима также и оценка указанных проектов с точки зрения перспективных электрических нагрузок и прогноза электроемкости валового регионального продукта.

Литература

1. **Коршунов Ю.В.** Методы и процедуры формирования инвестиционной программы электросетевой компании на основе долгосрочного прогнозирования электрических нагрузок: Дис.... канд. эконом. наук. М., 2014.
2. [Электронный ресурс]. URL: <http://rskres.ru/>

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ДОЛГОСРОЧНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ

Принимая то или иное стратегическое решение касаясь долгосрочного вложения капитала, руководство фирмы рассчитывает, что затраченные средства принесут определенную выгоду в будущем. Одной из наиболее важных задач стратегического планирования долгосрочных инвестиций является оценка будущих денежных потоков, связанных с реализацией рассматриваемых инвестиционных проектов [1]. Однако не менее важной задачей является определение потребности компании в инвестициях, а также выявление финансовых возможностей для их реализации. Руководству компании при принятии стратегически значимых решений необходима некая система координат, ориентируясь на которую оно смогло бы выявить необходимость в дополнительном вливании денежных средств. Подобная система координат должна включать не только отметки, демонстрирующие потребность в дополнительном финансировании, но и отметки, характеризующие финансовые ресурсы компании: сможет ли компания справиться с затратами, связанными с привлечением дополнительного капитала [2].

Показатели должны быть получены путем соотнесения между собой статей бухгалтерской, управленческой и аналитической отчетности со среднерыночными или среднеотраслевыми параметрами. Какое применение может получить подобная система показателей? К примеру, выведенный аналитическим путем показатель будет соотносить ежеквартальный уровень продаж с аналогичным среднеотраслевым показателем [3]. Полученное соотношение будет сигнализировать о необходимости повысить продажи или снизить издержки. Руководство в свою очередь, опираясь на другие показатели системы координат (например, соотнесение уровня издержек со среднеотраслевыми издержками), будет искать пути решения проблемы.

Таким образом, в системе координат должны присутствовать показатели, отображающие имеющиеся проблемы компании в процессе осуществления текущей деятельности, а также возможные пути решения (резервы).

Литература

1. **Бриггэм Ю., Эрхардт М.** Финансовый менеджмент. СПб.: Питер, 2014.
2. **Брейли Р., Майерс С.** Принципы корпоративных финансов. М.: Олимп Бизнес, 2016.
3. **Ван Хорн Д.К., Вахович Д.М.** Основы финансового менеджмента. М.: Издательский дом «Вильямс», 2015.

В.Д. Ключарёв, студ.; рук. Т.Ю. Киселёва, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПРОЕКТА НА ПРИМЕРЕ НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Нефтяная промышленность является важной отраслью российской экономики. Нефть и нефтепродукты составляют значительную статью российского экспорта. Общая стоимость необработанной нефти, отправленной на экспорт за первый квартал 2015 года, в денежном выражении достигала значения около 56,23 млрд дол. США [1], что составляет примерно 26,7 % совокупной стоимости всех экспортных товаров Российской Федерации.

Отрасль является капиталоемкой, инвестиции крайне масштабны, поэтому весьма велика цена ошибки при проведении расчетов экономической эффективности инвестиционных проектов данной отрасли, например проекта по разработке нефтяного месторождения.

Сложность расчетов обуславливается значительным уровнем неопределенности и рисков как природного, так и антропогенного характера.

В данной работе был проведен анализ инвестиционной привлекательности проекта по разработке нефтегазового месторождения.

По итогам расчетов были определены показатели, на основании которых можно сделать вывод об эффективности данного проекта [2]. Значения показателей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели эффективности проекта

Показатель	Значение	Единица измерения
ЧДД(NPV)	796,68	Млн руб.
ВНД(IRR)	16	%
ИДД(DPI)	1,02	—
Дисконтированный срок окупаемости	22 года 4 месяца	—

Согласно рассчитанным показателям можно сделать вывод об эффективности проекта, однако все они незначительно превышают нормативные значения, поэтому малейшие изменения внешней или внутренней среды могут сделать данный проект неэффективным.

Литература

1. **Новостной портал «РБК»** [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rbc.ru/>
2. **Крец В.Г., Шадрин А.В.** Основы нефтегазового дела: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 182 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ЗАКУПОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ПАО «МОСТОТРЕСТ»

В современном мире такое понятие, как закупочная деятельность, встречается повсеместно, так как закупки — элемент логистического потока. Главной проблемой является максимальная эффективность всего процесса.

В представленной работе рассмотрен механизм закупочной деятельности строительной организации ПАО «Мостотрест» и пути к совершенствованию данного вида деятельности.

На предприятии закупки ведутся внутренним способом, т.е. отделом материально-технического снабжения. Это довольно трудоемкий процесс, отнимающий массу времени у сотрудников. На Западе активно используется внешний конкурс – организация «выставляет» конкурс с техническими условиями на электронной площадке и в дальнейшем выбирает поставщика [1].

Для эффективного взаимодействия с поставщиками рассмотрены пути снижения кредиторской задолженности и доказана эффективность данных действий на основе расчета показателей финансово-хозяйственной деятельности организации. Например, снижение задолженности приведет к положительной динамике показателей, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Показатели финансово-хозяйственной деятельности

Показатель ликвидности	2014 г.	2015 г.	Изменение	Норматив
Коэффициент текущей (общей) ликвидности	0,94	1,64	+0,7	2 и более
Коэффициент критической ликвидности	1,20	1,56	+0,36	1 и более
Коэффициент абсолютной ликвидности	0,35	0,9	+0,55	0,1 и более

Представлены пути снижения затрат на предприятии с помощью расчета оптимального количества заказа и введения новейших технологий отслеживания маршрута и перевозки грузов. Данные меры повлекут за собой снижение затрат на топливо на 30 % и уменьшение затрат на хранение.

Каждая из рекомендаций оказывает положительное влияние не только на финансовые показатели, но и на хозяйственную деятельность организации в целом. Данные действия можно считать эффективными и применимыми к современным условиям.

Литература

1. Гуськов А.Г. Тендерные продажи. Первая книга о тендерах на человеческом языке. М.: ОМЕГА-Л, 2012.

Ю.В. Красновейкина, студ.; рук. И.С. Бабич, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РОЛЬ ПАЕВЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ФОНДОВ (ПИФОВ) В СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКЕ

Главным условием экономического роста российской экономики в соответствии с Программой долгосрочного социально-экономического развития РФ до 2020 года является направление инновационного развития.

Учитывая особую инвестиционную направленность развития экономики, важно знать источники финансовых ресурсов для осуществления инвестиционных программ как на государственном уровне, так и на корпоративном.

Безусловным базовым финансовым ресурсом для осуществления инвестиций выступают сбережения населения.

Одним из основных условий трансформации сбережений населения в инвестиции является наличие в Российской Федерации развитого рынка коллективного инвестирования, в основе которого лежит институт паевого инвестиционного фонда (ПИФ). Данный институт является наиболее доступным частному инвестору и юридически проработанным финансовым инструментом.

По данным Федеральной службы государственной статистики в России, объем накоплений населения на 01.01.0 2016 г. оценивался около 14 трлн рублей, банковские депозиты из которых составили 65 %, ценные бумаги лишь — 9,5 %, а остатки наличных денежных средств на руках населения — 25,5 % [1].

К причинам, сдерживающим трансформацию сбережений населения в паевые инвестиционные фонды, можно отнести недостаточную информированность потенциальных инвесторов о доходности и возможных рисках, недостаточный уровень финансовой грамотности населения, а также ряд правовых и экономических проблем и несовершенств формирования ПИФов [2].

Учитывая важность данной проблематики, в работе рассмотрены механизмы формирования паевых инвестиционных фондов, нормативно-правовое регулирование их деятельности с анализом несовершенства вопросов регулирования. И особое внимание в исследовании уделено изучению роли ПИФов и привлечению сбережений домашних хозяйств в них. Также автором сделаны предложения по совершенствованию работы данных организаций с целью повышения эффективности их работы.

Литература

1. [Электронный ресурс]. URL: www.gks.ru. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики.
2. [Электронный ресурс]. URL: www.cbr.ru. Официальный сайт Центрального Банка Российской Федерации.

В.А. Круглов, П.А. Князев, студенты; рук. А.А. Гаврилова, к.т.н., доц.
(СамГТУ, г. Самара)

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГООБЪЕКТОМ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ ВВОДА ИНВЕСТИЦИЙ

В настоящее время актуальны проблемы повышения качества управления, эффективности функционирования энергетических систем и оценки использования основных ресурсов.

В работе проведено исследование системы управления [1] с учетом фактического запаздывания ввода инвестиций (рис. 1) с помощью имитационного моделирования.

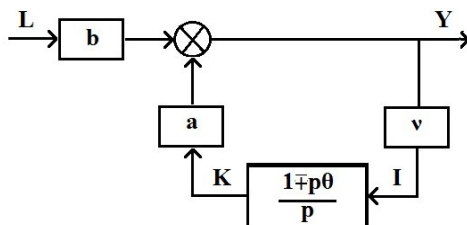


Рис. 1. Модель с запаздыванием ввода инвестиций

Выпуск продукции определяется соотношением

$$Y = aK + bL, \quad (1)$$

где K — основные фонды; L — трудовые ресурсы; a , b — коэффициенты эластичности по фондам и труду, соответственно.

Уравнение для расчета капитальных ресурсов:

$$K = \frac{1-p\theta}{p} I, \quad (2)$$

где I — сумма внутренних и внешних инвестиций; θ — доля инвестиций в структуре ежегодного выпуска продукции; p — трансформанта Лапласа.

Сумма внутренних и внешних инвестиций определяется соотношением

$$I = vY, \quad (3)$$

где v — предельная норма накопления.

Управляющим воздействием в представленной системе является доля инвестиций θ .

Имитационное моделирование модели системы управления позволяет определять величины оптимальных управляющих воздействий и разрабатывать прогнозные сценарии развития энергетической системы.

Литература

1. **Имитационное** моделирование деятельности генерирующего комплекса на основе трехфакторной производственной функции / А.Г. Салов, А.А. Гаврилова, П.А. Князев, В.А. Круглов // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. Вып.3 (24). С. 140—145.
2. **Гаврилова А.А.** Комплексный анализ эффективности использования капитальных, трудовых, топливных и водных ресурсов генерирующего предприятия // Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки». 2012. № 1 (33). С. 178—183.

РИСКИ И ПРОБЛЕМЫ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

На фоне последних негативных событий, происходивших с Россией с 2014 года, вопрос реализации стратегии импортозамещения становится особенно актуальным для нашей страны, прежде всего для обеспечения ее национальной безопасности и экономического роста.

Введение санкций со стороны Запада вызвало потерю внешнего кредитного финансирования; падение цен на нефть, девальвацию рубля; углубление инвестиционного кризиса (например, инвестиции в основной капитал электроэнергетики сократились на 6,1 % в 2014 году по отношению к 2013 г.) и так далее. Также заметно снижение инвестиций по всем сферам электроэнергетики (таблица 1): помимо кризисных явлений, снижение инвестиций в производство можно объяснить снижением интенсивности вводов по программе долгосрочных поставок мощности, а также сложившимся профицитом мощностей на рынке [1].

Таблица 1

**Изменение объемов инвестиций в электроэнергетике, в 2010–2015 годах,
млрд руб. в 2015 году, по отношению к 2014 году**

Вид деятельности	Абсолютное изменение, млрд. руб.	Относительное изменение к 2014 году, %
Производство ЭЭ	–124	–23
Передача ЭЭ	–95	–32
Распределение и торговля ЭЭ	–24	–12
Всего	–228	–25,2

При этом необходимо отметить, что процесс импортозамещения невозможен без реализации значимых для отраслей и отдельных организаций крупных инвестиционных проектов, которые в свою очередь связаны с существенными рисками и высокой степенью неопределенности.

В данной работе предлагается алгоритм оценки и учета рисков импортозамещения для организаций электросетевого комплекса. Алгоритм учитывает вопросы снижения транспортных и складских рисков, а также риски неисполнения инвестиционных программ при реализации стратегии импортозамещения. Применение предложенного алгоритма позволит уточнить количественные оценки эффективности инвестиций.

В связи со всем вышеописанным необходима разработка универсального механизма оценки и снижения рисков инвестиционных проектов в энергетике при импортозамещении.

Литература

1. Аналитический центр при правительстве РФ/ «ТЭК России – 2015», 2015.

А.Р. Музыченко, студ.; рук. А.Ю. Амелина, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЫНКА И ПРИВАТИЗАЦИИ ЭНЕРГОКОМПАНИЙ

Сегодня одним из непростых вопросов экономики России является проблема приватизации сетевого распределительного комплекса, а также оценка выгод от реформирования в данной области. Данная оценка будет способствовать принятию верных решений для построения рациональной модели энергетического рынка и обеспечения его наиболее успешной деятельностью.

К сожалению, в России в настоящее время подобные исследования отсутствуют, несмотря на наличие подобной практики в других странах. Например, недавно Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) было опубликовано исследование, в котором рассматриваются выгоды от либерализации товарных рынков и уменьшения барьеров для развития международной торговли и привлечения инвестиций в нескольких регулируемых секторах. Электроэнергетика отнесена к числу секторов с наибольшим потенциалом развития. Согласно результатам анализа суммарные ежегодные выгоды по всем секторам, включая электроэнергетический, оцениваются на уровне 1—3 % ВВП в США и 2—3,5 % в ЕС [1].

Данное исследование заключается в поиске возможных методов оценки эффективности приватизации компаний энергетического комплекса на основе зарубежного опыта, а также изучение возникающих в ходе оценки процессов и отношений.

Для анализа будет рассматриваться зарубежная модель, учитывающая эффект от приватизации, конкуренции и государственного регулирования:

$$\ln y = \alpha_i + \beta_1(R_{it}) + \beta_2(C_{it}) + \beta_3(PG_{it}) + \beta_4(R_{it}C_{it}) + \beta_5(R_{it}PG_{it}) + \beta_6(C_{it}PG_{it}) + \delta(x_{it}) + v_i + u_t + \epsilon_{it}, \quad (1)$$

где R — переменная регулирования государством; P — переменная приватизации; C — переменная конкуренции; V_{it}, U_{it}, E_{it} — прочие переменные [2].

Также необходимо отметить, что достоинством этой модели является возможность учета временного фактора, что делает ее применимой для данного исследования.

Литература

1. Шридберг У., Кук Д. Опыт энергорынков. Уроки, извлеченные из либерализации рынков электроэнергии. МЭА, 2005.
2. David Parker. Electricity sector reform in developing countries: an econometric assessment of the effects of privatisation, competition and regulation, 2006.

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

В настоящее время повышение качества выпускаемой продукции в автомобильной отрасли возможно лишь при внедрении прогрессивных технологий, способных существенно улучшить эксплуатационные свойства продукта. Существующие технологии в области сварки, резки и термоупрочнения являются ресурсозатратными. Одним из перспективных направлений для



Рис. 1. Сравнение затрат

В работе рассмотрены возможные риски и предложены мероприятия для их минимизации, а также проанализирована устойчивость проекта к изменению влияющих на него параметров.

Литература

1. Сапрыкин Д.Л. Лазерные технологии для модернизации // Технология машиностроения. 2011. № 11. С. 73—80.
2. Щевьёва В.А. Финансирование инвестиционных проектов и экономическая оценка инвестиций. М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 230 с.
3. Басовский Л.Е. Экономическая оценка инвестиций: учебное пособие для вузов. М.: ИНФРА-М., 2009. 1028 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЛИЗИНГОВОЙ КОМПАНИИ

В настоящее время лизинговая деятельность является востребованной, поскольку большинство предприятий самых различных сфер деятельности обладают потребностью в оборудовании, сразу приобрести которое в собственности невозможно либо нецелесообразно. Ввиду этого современные лизинговые компании заинтересованы в постоянном совершенствовании своей деятельности с целью повышения конкурентоспособности и привлекательности для потребителя на рынке лизинговых услуг [1].

Рынок лизинга за январь-сентябрь 2015 года сократился на четверть до 385 млрд рублей. Без госсубсидирования авто- и авиализинга сжатие нового бизнеса составило бы около 40 %. Сокращение лизинговых сделок и рост проблемных активов привели к снижению рентабельности лизингодателей, что вынудило ряд компаний провести значительную оптимизацию расходов. По прогнозу RAEX (Эксперт РА) снижение инвестиций в основной капитал продолжится до конца 2016 года, что неизбежно повлечет дальнейшее сжатие лизингового рынка. По итогам 2015 года объем нового бизнеса сократился на 25 %, в 2016 году — на 10—15 %.

Грамотная разработка антикризисных мероприятий позволит максимально снизить риски компании и оптимизировать ведение финансово-хозяйственной деятельности в целом.

Успешная реализация мероприятий антикризисного управления требует не только практического, но и научного подхода. В аспекте данного направления перед современной наукой стоит задача выработки комплекса подходов в зависимости от типа организации, конъюнктуры рынка, задач управления и желаемого результата.

Несмотря на высокую степень научной разработанности проблемы антикризисного управления, необходимо отметить, что авторы исследований подходят к данной проблеме, редко конкретизируя особенности антикризисного управления в зависимости от сферы деятельности компании. Необходимо раскрыть проблематику темы и исследовать особенности антикризисного управления исходя из специфики деятельности рассматриваемой организации.

Литература

1. **Костин К.Б.** Управление лизинговой деятельностью // Вестник Российской Академии естественных наук. 2015. № 12.

АНАЛИЗ ПРЕДПОСЫЛОК ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИИ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Производство косметической продукции на данный момент является одной из самых быстро развивающихся отраслей в мире. Но в связи с интенсивно изменяющейся ситуацией на рынке нужно постоянно следить за устойчивостью как внутренней, так и внешней среды.

В условиях рыночных отношений от предприятий требуется повышение эффективности производства, конкурентоспособности продукции и услуг. Важная роль в реализации этой задачи отводится анализу финансовой деятельности предприятий [1].

В работе на примере одного из крупнейших поставщиков сырья для косметических компаний был проведен экспресс-анализ финансового состояния организации, по результатам которого автором было показано, что из года в год дебиторская задолженность не снижалась, количество запасов увеличивается.

По результатам проведенных исследований и анализа было предложено увеличить расходы на рекламу, и закупить новое оборудование, что позволит производить более современную и конкурентоспособную продукцию и увеличить уровень спроса, а также ввести систему штрафов за нарушение сроков погашения задолженности. После пересчета основных показателей была смоделирована новая финансовая отчетность на будущий период, которая показала снижение запасов на 30 % и дебиторской задолженности на 47 %.

Разработанные мероприятия были предложены исключительно в краткосрочной перспективе для вывода предприятия из кризиса. Стратегический менеджмент является методологией, позволяющей снижать воздействие рисков, создающих кризисные условия для предприятий в долгосрочной перспективе [2]. Разработка стратегий способствует повышению устойчивости, развитию предприятий в условиях быстро изменяющейся внешней среды, поэтому необходимо для предприятий химической промышленности разработать общие элементы стратегий, снижающих влияние внешних факторов на такие предприятия.

Литература

1. **Турманидзе Т.** Финансовый анализ. М.: Юнити-Дана, 2013. 288 с.
2. **Егоров В.С.** Стратегический менеджмент: введение и системные основы: учебное пособие по курсу «Стратегический менеджмент по направлениям «Менеджмент», «Экономика» М.: Издательский дом МЭИ, 2008.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МАЛОГО И КРУПНОГО БИЗНЕСА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

На сегодняшний день в нашей стране взаимодействуют частные фирмы (малый бизнес) и крупные организации в различных своих формах. Малый и крупный бизнес имеют как ряд недостатков, так и ряд преимуществ. Исходя из этого механизм взаимодействия малого и крупного бизнеса позволяет эффективно использовать плюсы малого и крупного бизнеса с целью повышения экономической выгоды партнеров, а также компенсировать минусы как крупного, так и малого бизнеса [1]. В теплоэнергетических компаниях различают такие виды взаимодействия, как франчайзинг, лизинг и аутсорсинг. Франчайзинг является наиболее распространенной формой взаимодействия. В нашей стране франчайзинг хотя и имеет большие возможности для внедрения, но получить широкое распространения так и не смог. Опыт внедрения франчайзинга был проанализирован в нефтяной отрасли бизнеса. Например, в ПАО «Лукойл» суть такой формы взаимодействия заключалась в передаче в аренду некоторых нерентабельных, малорентабельных объектов другим коммерческим организациям, чаще сбытовым компаниям, которые используют арендованную систему и реализуют нефтепродукты под маркой франчайзера. Таким образом, ПАО «Лукойл» избавилось от малорентабельных активов, а также постоянно имеет доход в виде арендных выплат. В топливно-энергетической отрасли применяются и такие формы взаимодействия малого и крупного бизнеса, как инкубаторство, примером является ПАО «Газпром». Исследования показали, что данная компания принимает решение о создании новой малой организации только после разработки концепций освоения месторождений.

В отличие от топливно-энергетических компаний формы взаимодействия малого и крупного бизнеса в теплоэнергетической отрасли плохо распространены, хотя и имеют для этого большие возможности.

Проведенные исследования показали, что различные формы взаимодействия малого и крупного бизнеса в РФ начинают развиваться, но развитие идет медленными темпами из-за неустойчивых внешних и внутренних условий, связанных с экономическим кризисом, недостаточной финансовой и правовой поддержкой форм взаимодействия малого и крупного бизнеса, отсутствием стратегии взаимодействия бизнеса.

Литература

1. **Гербер М.Э.** Малый бизнес. От иллюзий к успеху. М.: Олимп-Бизнес, 2012.

*А.Д. Словеснова, студ.; рук. Н.Г. Любимова, д.э.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ ЗАТРАТАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Городской пассажирский электротранспорт является важнейшим звеном в составе транспортной инфраструктуры города. Успешность его функционирования определяет комфорт и безопасность передвижения пассажиров.

Затраты на производство продукции (работ, услуг) относятся к числу важнейших качественных показателей, в обобщенном виде отражающих все стороны хозяйственной деятельности транспортных предприятий, их конкурентоспособность. Современная экономическая наука предлагает различные методики и подходы к управлению затратами. Разработка стратегии управления затратами на конкретно взятом предприятии требует глубоких знаний существующих методов, их сильных и слабых сторон и изучения особенностей деятельности организации.

В представленной работе были рассмотрены такие подходы к управлению затратами, как реинжиниринг и бережливое производство, проведен анализ затрат предприятия с учетом места их возникновения и позаказно, изучены существующие бизнес-процессы, определены непроизводительные потери и другие резервы снижения затрат и пути повышения эффективности использования ресурсов предприятия [1].

С помощью детального изучения научных методик анализа фактических показателей работы предприятия автором было изучено его финансовое состояние, рассчитаны основные коэффициенты эффективности использования основных средств (фондоёмкости и фондоотдачи), ликвидности, рентабельности.

По результатам проведенных исследований и анализа разработаны конкретные мероприятия по изменению бизнес-процессов с целью повышения эффективности управления затратами и роста рентабельности.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения предложений составил:

- снижение уровня затрат 5,2 %;
- увеличение уровня рентабельности 7,8 %.

Литература

1. **Любимова Н.Г.** Внутрифирменное планирование в электроэнергетике: учебник. М.: ИУЭ ГУУ, ИПКГосслужбы, 2006. 400 с.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДЕНЕЖНЫХ ПОТОКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

Успешная деятельность предприятия во многом определяется его способностью своевременно мобилизовать денежные средства и эффективно их использовать.

В условиях высокой инфляции и кризиса неплатежей остро встает вопрос рационального управления денежными потоками предприятия. Однако для принятия своевременных и обоснованных решений необходимо провести анализ денежных потоков.

Основная цель анализа денежных потоков заключается в выявлении причин дефицита или избытка денежных средств, определении источников их поступления и расходования, что позволяет оценить финансово-экономическое состояние предприятия.

Однако стоит отметить, что для реальных и потенциальных инвесторов, вкладывающих свои средства в активы предприятия, основной интерес представляет способность предприятия генерировать положительные денежные потоки, которые не только покрывают все необходимые затраты, но и обеспечивают прирост благосостояния собственников. Поэтому в процессе принятия решений инвесторы основное внимание уделяют свободному денежному потоку предприятия, который находится в распоряжении компании или ее собственников [1—3].

В данном исследовании рассмотрены основные методы анализа денежных потоков (прямой и косвенный), показаны основные коэффициенты, применяющиеся для анализа, а также выявлены проблемы, с которыми сталкиваются предприятия при расчете свободных денежных потоков.

В зависимости от целей оценки рассчитываются два основных вида денежных потоков: FCFF (свободный денежный поток фирмы) и FCFE (свободный денежный поток на собственный капитал). В работе представлен обобщенный алгоритм расчета свободных денежных потоков и их экономический смысл. Это позволит понять, сколько реально зарабатывает компания и сколько у нее остается денежных средств для свободного распоряжения после всех необходимых расходов.

Литература

1. **Бланк И.А.** Основы финансового менеджмента Т.2. М.: Омега-Л, 2011.
2. **Лукаевич И.Я.** Финансовый менеджмент: М.: Издательство «Национальное образование», 2012.
3. **Бочаров В.В.** Финансовый анализ: СПб.: Питер, 2014.

ВЫБОР МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА АО «МОСОБЛЭНЕРГО»

В настоящее время в нашей стране актуальными являются вопросы экономичности работы электрических сетей. Это связано с высоким уровнем потерь электроэнергии в электрических сетях, являющимся одним из важнейших показателей эффективности работы электросетевых компаний [1].

Повышение операционной эффективности неразрывно связано с реализацией мероприятий, направленных на снижение потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям [2].

Цель исследования – обосновать выбор мероприятия по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях.

В ходе работы был проведен анализ энергетического баланса предприятия, в результате чего выявлено наличие резерва для снижения потерь. Далее был проведен сравнительный анализ двух инвестиционных проектов по снижению потерь в электрических сетях (по реконструкции сети), а именно: замены трансформатора и установки 16 батарей статических конденсаторов (БСК).

Результаты выполнения данной задачи представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетов

Мероприятие	ЧД, тыс. руб.	ЧДД, тыс. руб.	$T_{ок}$, тыс. руб.
ТМ-1000/10	5140,78	1158,03	5 лет 9 мес
БСК	18 459,71	5360,95	1 год 7 мес

Также было выявлено, что учет неравномерности оказал несущественные отрицательные изменения в анализе эффективности проектов.

В результате был сделан вывод о целесообразности выбора установки БСК исходя из значения ЧДД и срока окупаемости. В результате осуществления проекта по установке батарей статических конденсаторов изменятся затраты электросетевой организации на возмещение потерь электроэнергии в электрических сетях: будет наблюдаться экономия операционных расходов, что повлияет на размер тарифа на электроэнергию на 0,124 %.

Литература

1. **Железко Ю.С.** Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях. М.: Энергоатомиздат, 1989. 176 с.

2. **Стратегия** развития электросетевого комплекса Российской Федерации (утв. распоряжением Правительства РФ от 3 апреля 2013 г. № 511-р).

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНЦЕССИОННЫХ СОГЛАШЕНИЙ В ТЭК

Топливо-энергетическому комплексу (ТЭК) России присуще множество внутриотраслевых проблем, являющихся следствием высокого уровня износа оборудования и потерь энергии, провоцирующих высокое значение энергоемкости ВВП. В последние годы наблюдается снижение энергоемкости: в 2014 г. по отношению к 2007 г. оно составило 5,61 %, а в 2015 г. — 5,94 %, однако энергоемкость ВВП России превышает в 2,5 раза среднемировое значения [1]. Износ оборудования, в особенности в секторе государственной собственности, и нехватка бюджетных средств требуют привлечения внебюджетных средств в модернизацию и реконструкцию основных фондов ТЭК.

В сложившихся условиях одним из наиболее эффективных механизмов развития экономики на местном и региональном уровнях является государственно-частное партнерство (ГЧП). Для устойчивого роста экономики по оценкам экспертов Всемирного банка России необходимо привлечь более 2 трлн долл. США инвестиций, что невозможно без ГЧП [2]. Согласно мировому опыту наиболее эффективной и комплексной формой ГЧП являются концессионные соглашения (КС), так как они носят партнерский характер и строятся на основании взаимной выгоды, которая должна быть понятна всем сторонам. Предложенная комплексная модель оценки эффективности КС позволяет принять решение о необходимости концессии при всесторонней оценке ее эффективности для органов регулирования, властей, концессионера и концедента, а также включает тарифные последствия.

По предварительным расчетам видно, что без комплексного подхода добиться оптимизации условий концессионного соглашения трудно, что объясняется большим количеством стейкхолдеров и влиянием цен в ТЭК на население. Например, при применении КС тариф на тепло может вырасти на 0,32 %. В работе сделан вывод, что данная модель способна повысить точность оценки КС, что способствует решению проблем в ТЭК.

Литература

1. **Титова, А.М., Шувалова Д.Г.** Концессионные соглашения как инструмент реализации программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности // Энергосбережение — теория и практика: Труды Восьмой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. (Москва, 10—13 октября 2016 г.). М.: Издательский дом МЭИ, 2016. 557 с.
2. **Чаркина Е.С.** Реализация инвестиционных проектов на основе концессионных соглашений в российских регионах: преимущества и проблемы // Перспективы науки. 2015. №6 (69). 204 с.

С.С. Трубников, студ.; рук. В.А. Щевьёва, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕООРУЖЕНИЯ ПОДСТАНЦИИ

По состоянию на 2015 год общий износ основных фондов компании составляет более 60 %, при этом значительное число питающих центров перегружено. Оборудование электрических сетей характеризуется относительно высокими эксплуатационными издержками, низким уровнем автоматизации, высокими потерями электроэнергии. Указанные обстоятельства с учетом развития территории Московского региона, ростом числа заявок на технологическое подключение и увеличение разрешенной мощности создают угрозу стабильности развития и экономической устойчивости компании.

В рассмотренном инвестиционном проекте предусматривается проведение в два этапа реконструкции и технического перевооружения подстанции «Слобода». На первом этапе проводится замена существующих трансформаторов 110 кВ мощностью 25 МВА на трансформаторы мощностью 63 МВА, а также реконструкция существующего ЗРУ 6 (10 кВ). На втором этапе проводится расширение подстанции: строительство здания КРУЭ 110, 220 кВ, здания нового КРУ 10 кВ, установка двух новых автотрансформаторов мощностью 250 МВА каждый; осуществляется перевод подстанции на напряжение 220 кВ с подключением к вновь сооруженным линиям электропередачи 220 кВ. Кроме того, проводится замена ранее установленных трансформаторов 110 кВ мощностью 63 МВА на трансформаторы аналогичной мощности с высшим напряжением 220 кВ.

Общая стоимость реконструкции подстанции, рассчитанная по укрупненным показателям стоимости, с учетом НДС составила 5 529 379 тыс. руб., в том числе: пусковой этап — 606 864,5 тыс. руб., этап полного развития — 4 922 514,5 тыс. руб. Показатели экономической эффективности проекта представлены в табл. 1.

Таблица 1

Интегральные показатели эффективности проекта

ВНД, %	ЧДД, тыс. руб.	ИД	$T_{ок}$, мес.
38,8	14 035 283,5	3,76	49

Проведенный в работе анализ чувствительности и факторов риска показал достаточную устойчивость интегральных показателей проекта реконструкции ПС 220 кВ «Слобода» к изменениям прямых факторов, влияющих на объемы поступления и затрат.

Предлагаемый инвестиционный проект приводит к повышению технико-экономической эффективности функционирования энергосистемы Московской области.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ С УЧЕТОМ ИНТЕРЕСОВ СТЕЙКХОЛДЕРОВ

Успешная реализация инвестиционных проектов является главным условием для нормального функционирования фирмы на развивающемся конкурентном рынке. В свою очередь, сам проект оказывает влияние на множество сфер деятельности фирмы, как внешних, так и внутренних, в течение всего срока реализации. Оценка идеи проекта, его стоимости, заинтересованности участников, социальной значимости и коммерческого результата — все это лишь малая часть того комплекса работ, который необходимо провести, прежде чем перейти к претворению проекта в жизнь.

Отдельное место в анализе перспектив проекта занимает анализ баланса интересов стейкхолдеров – группы лиц, напрямую или косвенно участвующих или заинтересованных в деятельности компании. К ним можно отнести персонал организации, потенциальных потребителей продукции/услуг, поставщиков, кредиторов, органы государственной власти, общественные организации и движения и т.д. [1].

Совокупность взглядов и мнений стейкхолдеров относительно будущего проекта оказывает непосредственное влияние на его коммерческий успех.

В работе исследуются современные подходы к методам учета интересов стейкхолдеров при реализации инвестиционных проектов. Наиболее популярными являются построение карты заинтересованных сторон, таблицы интересов, сбор экспертных оценок и мнений, матрица «поддержка × сила влияния», а также методы моделирования баланса интересов сторон [2].

Каждый из перечисленных подходов имеет свои положительные и отрицательные стороны (простота использования, затратность, возможность применения в рамках оценки инвестиционного проекта).

Автором проводится сравнительный анализ используемых методов учета интересов стейкхолдера и предлагаются пути усовершенствования таких методов. Это позволит повысить расширить инструментарий инвестиционного анализа проектов и повысить его эффективность.

Литература

1. **Санин В.В.** Баланс и конфликт интересов стейкхолдеров в стратегических и бизнес-планах компании. Электронный журнал «Корпоративные финансы», 2012. №2 (10). С. 112—113.
2. **Сисодиа Р., Вольф Д.** Фирмы, несущие любовь. Компании мирового класса. Баланс, Бизнес Букс, 2011. С. 201—202; С. 336.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КЛЮЧЕВЫХ ИНДИКАТОРОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ ОАО «ВПК «НПО МАШИНОСТРОЕНИЕ»

Выбор целей компании и средств их достижения предопределяет успех любого предприятия [1]. Эта тема актуальна и для оборонных комплексов РФ, особенно в связи с текущим положением в мире. В связи с возросшей сложностью условий развития предприятия для обеспечения скоординированного развития различных видов деятельности необходимо усовершенствовать действующую систему управления. Разработка показателей ключевых индикаторов эффективности [2] ориентирует предприятие на достижение поставленных целей и позволяет контролировать этот процесс.

В работе для ОАО «ВПК «НПО машиностроение» была разработана система ключевых индикаторов эффективности, представляющая из себя иерархическую систему типа дерева целей и включающая в себя следующие составляющие: финансовую (снижение доли себестоимости в выручке продукции; увеличение количества продаж и чистой прибыли), клиентскую (улучшение обслуживания клиентов; проникновение на новые сегменты рынка), внутренних процессов (снижение затрат на комплектующие; расширение деятельности НИОКР), развития и обучения (сохранение и увеличение количества высококвалифицированных специалистов; улучшение квалификации сотрудников; увеличение расходов на техническое развитие).

В результате проведенной работы был выявлен дефицит высококвалифицированных сотрудников и рекомендовано создать эффективную систему подбора персонала; повысить квалификацию существующего персонала, расширить социальный пакет. Это позволит повысить эффективность деятельности за счет расширения объема НИОКР, снижения объема покупок комплектующих и материалов, увеличения уровня диверсификации производства и расширения клиентской базы.

Предложенная система ключевых индикаторов эффективности может служить основой для создания системы сбалансированных показателей, что повышает эффективность стратегического управления.

Литература

1. Жемчугов А.М., Жемчугов М.К. Цели организации, конечные результаты и показатели деятельности // Проблемы экономики и менеджмента. 2012. № 11. 312 с.
2. Каплан Р., Нортон Д. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2008. 320 с.

И.И. Чернавских, студ.; рук. Э.Г. Леонова, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УЧАСТНИКОВ ТОРГОВЛИ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЫНКАХ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ПАО «РУСГИДРО»

Электроэнергетика является базовой отраслью экономики России, обеспечивающей потребности экономики и населения в электрической и тепловой энергии и во многом определяющей устойчивое развитие всех отраслей экономики страны. В этой связи надежный и стабильный процесс обращения электрической энергии и электрической мощности является необходимым фактором успешного экономического развития и обеспечения энергетической безопасности России [1].

Работа посвящена исследованию порядка взаимодействия участников торговли на электроэнергетических рынках в процессе обращения электрической энергии и электрической мощности на территории Российской Федерации на примере ПАО «РусГидро».

В работе охарактеризована система рынков в электроэнергетике и основные механизмы торговли электрической энергией и мощностью на оптовом рынке. Проанализированы принципы ценообразования на розничных рынках электроэнергии и формирование цен для конечных потребителей. Дано описание Группы «РусГидро» и динамика основных экономических показателей деятельности компании на электроэнергетических рынках. Выполнен сравнительный анализ экономических показателей деятельности Группы «РусГидро» с сопоставимыми компаниями, проанализированы доли компании на энергорынке, а также оценено состояние конкурентной среды на энергорынке. В рамках процесса контрактации электростанции и нового потребителя — алюминиевого завода, был выполнен сравнительный анализ цен на электроэнергию для промышленных потребителей в 2011—2013 гг. и рассчитаны существенные условия свободного договора купли-продажи электроэнергии и мощности (СДЭМ) для алюминиевого завода в части ценовых параметров СДЭМ.

Расчет одноставочной цены поставки электроэнергии и мощности в соответствии с подписанным соглашением между энергетической компанией (поставщик электроэнергии) и алюминиевой компанией по согласованной формуле цены показывает, что цена может составить $P_{\text{январь 2018}} = 1,71 \text{ руб}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$; $P_{\text{январь 2019}} = 1,87 \text{ руб}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$; $P_{\text{январь 2020}} = 1,98 \text{ руб}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$.

Литература

1. Гительман Л.Д. Энергетический бизнес: учебное пособие для вузов. – 2-е изд., испр. М.: Дело, 2006.

ФИНАНСОВАЯ СТРАТЕГИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Главной стратегической целью финансового менеджмента является обеспечение предприятия необходимыми и достаточными финансовыми ресурсами. Финансовая стратегия предприятия, охватывая все стороны деятельности предприятия, включает оптимизацию основных и оборотных средств, управление капиталом, распределение прибыли, безналичные расчеты, налоговый менеджмент, политику в области ценных бумаг.

Всесторонне учитывая финансовые возможности предприятия, объективно рассматривая характер внутренних и внешних факторов, финансовая стратегия обеспечивает соответствие финансово-экономических возможностей предприятия условиям, сложившимся на рынке продукции [1].

Успех реализации финансовой стратегии предприятия гарантируется при выполнении следующих условий:

1) при оптимизации соответствия интересов собственников бизнеса и возможности реализации стратегически значимых финансовых целей;

2) при соответствии финансовых стратегических целей реальным экономическим и финансовым возможностям через жесткую централизацию финансового стратегического руководства и гибкость его методов по мере изменения финансово-экономической ситуации [2].

Таким образом, внедрение финансовой стратегии предприятия позволяет компании решить следующие оперативные задачи:

1) сформировать систему централизованного стратегического управления финансовыми ресурсами;

2) выявить решающие направления в области финансового менеджмента и сосредоточить усилия на их выполнении;

3) ранжировать и поэтапно достигать задачи стратегического управления деятельностью компании;

4) обеспечить соответствие финансовых действий экономическому состоянию и материальным возможностям предприятия;

5) сформировать структуру управления стратегически значимыми резервами компании;

6) выявить главные угрозы со стороны конкурентов, мобилизовать силы на их устранение путем выбора направлений антикризисных мер.

Литература

1. **Ван Хорн Д., Вахович Д.** Основы финансового менеджмента: учебник. М.: Издательский дом «Вильямс», 2015.

2. **Брейли Р., Майерс С.** Принципы корпоративных финансов: учебник. М.: ЗАО «Олимп—Бизнес», 2015.

Секция 29

МЕНЕДЖМЕНТ В ЭНЕРГЕТИКЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Председатель секции — д.э.н., профессор Е.Э. Толикова

Секретарь секции — ассистент С.А. Гулиева

Н.И. Блохина, студ.; рук. Е.А. Терехова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО МЕТОДИЧЕСКОГО АППАРАТА ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

С развитием конкуренции во всех областях жизнедеятельности человека возрастает интерес к вопросам управления конкурентоспособностью предприятий. Конкурентоспособность предприятия означает его способность производить конкурентоспособную продукцию (услуги) за счет эффективного использования своего ресурсного потенциала, качества производства и его управления [1].

Научное обоснование и возможность практического применения методики, позволяющей оценить конкурентоспособность, является важнейшей составляющей развития экономики в целом [2]. Ведь в рыночной экономике решающим фактором коммерческого успеха является конкурентоспособность, которая означает способность превосходить и опережать других.

Зарубежная теория и практика оценки конкурентоспособности экономической системы представлена весьма разнообразно: начиная от авторских методик и заканчивая методиками оценки глобальной конкурентоспособности, предложенными международными организациями. Отечественные методические подходы к оценке конкурентоспособности находятся в стадии своего развития [3].

В связи с этим существует целый ряд научно-практических публикаций, отражающих многообразие формируемого понятийного аппарата, подходов к методам исследования, что прямо и косвенно указывает на актуальный и дискуссионный характер категории «конкурентоспособность предприятия».

Литература

1. **ФЗ РФ** «О защите конкуренции» от 26.07.2006 № 135-ФЗ.
2. **Ахенбах Ю.А., Баркалов С.А.** Конкурентный анализ и управление конкурентоспособностью предприятия: учебное пособие. Воронеж: ООО «Издательство «Научная книга», 2012.
3. **Баумгартен Л.В.** Анализ методов определения конкурентоспособности организаций и продукции // Маркетинг в России и за рубежом. 2011. № 4.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ В РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ КОМПАНИЯХ

При системном подходе организация рассматривается как целостная совокупность разных видов деятельности и элементов, которые находятся в противоречивом единстве и во взаимосвязи с внешней средой, предполагается учет воздействия всех факторов, влияющих на нее, и сосредотачивается внимание на взаимосвязях между ее элементами [1].

Современная система взглядов на управление за рубежом:

- предприятие — это открытая система, рассматривается в единстве факторов внутренней и внешней среды;
- ориентация не на объемы выпуска, а на качество продукции и услуг, на удовлетворение потребителей;
- ситуационный подход к управлению, признание важности быстроты и адекватности реакции;
- главный источник прибыли — люди, обладающие знаниями, и условия для реализации их потенциала;
- система управления, ориентированная на повышение роли организационной культуры и нововведений, мотивацию работников и стиль руководства [2].

Современная система взглядов на управление в России:

- 1) децентрализация управления на основе сочетания рыночного и государственного регулирования;
- 2) постепенный переход к полицентрической системе;
- 3) управление предприятием на основе сочетания рыночных и административных методов [2].

Таким образом, самоуправление предприятием является открытой, социально ориентированной системой.

Литература

1. **Боловинцев Ю.А.** Системный подход к исследованию планирования стратегической деятельности организации. М.: Российское предпринимательство. 2013. № 24.
2. **Кодин В.Н., Литягина С.В.** Как работать над управленческим решением. Системный подход. М.: Кнорус, 2016.

А.А. Градусова, студ.; рук. Н.Ф. Солдатов, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

МАРКЕТИНГ ИННОВАЦИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

В области маркетинга инноваций недостаточно развиты понятийный аппарат, классификации инновационных товаров и услуг, в том числе в энергосекторе, учитывающие концепцию современного маркетинга. Не существует методики комплексного исследования маркетинга инновационных товаров. Дальнейшее развитие аспектов маркетинга инновационных товаров и услуг, их продвижения являются весьма актуальными и своевременными [1].

Маркетинг должен пронизывать инновационную разработку с момента зарождения идеи и до выхода инновационного продукта на рынок. Его задачами являются: поиск и оценка идей инновационного товара с позиции запросов потребителей; разработка концепции инновационного товара (услуги); оценка соответствия концепции инновационного товара потребностям потенциальных потребителей; прогнозирование рыночной привлекательности инновационного товара; оценка его конкурентоспособности.

Маркетинг инновационных товаров — комплексное использование принципов и методов маркетинга в процессе разработки и продвижения инновационных товаров [2].

Проблема создания и освоения новых продуктов и технологий может быть решена созданием локальных источников энергии; проблема совершенствования технологий на существующих мощностях — внедрением новых поколений оборудования.

Препятствующими факторами могут являться особые условия российского рынка электроэнергетики, такие как: неопределенность с долгосрочной динамикой электропотребления, либерализация рынка электроэнергии, рост цен на топливо, необходимость повышения эффективности действующих мощностей.

Итак, в современных условиях развития российской экономики энергетический комплекс должен соответствовать требованиям народного хозяйства.

Литература

1. **Секерин В.Д.** Инновационный маркетинг: учебник. М.: ИНФРА-М, 2012.
2. **Короткова Т.Л.** Коммерциализация и маркетинг инноваций // Креативная экономика, 2012.

С.А. Гулиева, асп.; рук. Е.Э. Толикова, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

НАПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Энергия — решение проблем безопасности и комфорта любой инфраструктуры. Если ранее господствующее положение на рынке энергетических ресурсов занимали нефть и уголь, то сегодня наиболее перспективной является достаточно молодая отрасль — газовая. Тем не менее, есть и более новое явление в сфере энергетики. Это второе поколение средств преобразования энергетического материала — «нетрадиционные» возобновляемые источники энергии (НВИЭ) [1].

Возникновение инноваций в сфере энергетики, как и в любой отрасли, невозможно без финансовой государственной поддержки. Так, если рассматривать солнечную энергетику, наблюдается ее поддержка на законодательном уровне. Развитие данного вида энергии осуществляется и за счет внедрения мощностей в промышленные объекты, а также за счет реализации проектов на строительство новых станций. Ветроэнергетика находится в нашей стране на зарождающейся стадии. На данный момент строится несколько ветроэнергетических комплексов. Тормозит развитие в данном виде энергии отсутствие инвестиций, что остро поднимает проблему увеличения значимости ветроэнергетики в энергетической отрасли на территории РФ. Значительное количество сырья, которым располагает наше государство, позволяет использовать энергию биомассы. Ежегодно вырабатывается около 250 млн тонн органических отходов, из которых можно получить первоклассное биотопливо [2]. Волновая энергетика находится также на зачаточной стадии, тем не менее, она поддерживается научными проектами ученых. Для районов с децентрализованным энергоснабжением, а именно для прибрежных и островных территорий, ВлЭС очень перспективный и выгодный вариант энергоснабжения. Один из важнейших видов нетрадиционной энергии — геотермальная, которая сейчас становится конкурентоспособной на рынке на мировом уровне, полным ходом имеет место и на рынке энергетики в РФ. Российское государство обладает значительными запасами термальных вод, за счет которых планируется реализовать в будущем ряд проектов [2].

Литература

1. **Энергетическая** стратегия России на период до 2030 года.
2. **Алхасов А.Б.** Возобновляемая энергетика. М.: Физматлит, 2012.

М.Т. Заргарян, студ.; рук. Е.Э. Толикова, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РОЛЬ И МЕСТО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В НАЦИОНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ РФ

Топливо-энергетический комплекс (далее ТЭК) играет важнейшую роль в национальном хозяйстве, так как без его продукции невозможно функционирование всех без исключения отраслей. Современная отраслевая структура национальной экономики России характеризуется преобладанием ТЭК [1].

Можно выделить несколько причин, которые обуславливают столь великое значение топливно-энергетического комплекса (ТЭК) в национальной экономике. Во-первых, РФ имеет огромный ресурсный потенциал. Во-вторых, ТЭК обладает уникальным производственным, научно-техническим и кадровым потенциалом. В-третьих, важное место ТЭК определяется климатическими условиями, при которых обеспечение энергоресурсами экономики и населения страны является жизненно важным фактором существования целых регионов [3].

Построение энергоэффективного общества предусматривает не только формирование системы энергоэффективного хозяйствования с оптимальными минимизированными затратами энергоресурсов и финансовых средств, но и обеспечение достойного вклада энергетического фактора в экономическое развитие страны и в повышение уровня жизни ее населения. Для решения этой задачи необходимо наряду со снижением удельной энергоемкости и энергетической стоимости производимого ВВП активное участие энергетического сектора страны в социальном совершенствовании общества и в создании условий экономического благополучия населения, а также охраны окружающей среды [2].

Литература

1. **Архипов Н.А., Галкин Ю.В., Галкина А.А.** Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года. М.: ИНЭИ РАН, 2014.
2. **Энергетическая** стратегия России на период до 2035 года.
3. **Савинов О.И., Толикова Е.Э.** Анализ и совершенствование инновационных инструментов промышленного развития // Инновационный потенциал, состояние и тенденции развития в экономике, проектном менеджменте, образовании, политологии, юриспруденции, психологии, экологии, медицине, филологии, философии, социологии, технике, физике, математике: сборник научных статей Международной научно-практической конференции. СПб.: ООО «ИЦ «КУЛЬТ-ИНФОРМ-ПРЕСС», 2013.

К ВОПРОСУ О СОЦИАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Энергосбережение согласно ФЗ РФ «Об энергосбережении» — это комплекс мер по реализации правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное (рациональное) использование (и экономное расходование) топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) при существующем полезном эффекте от их использования, и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии [1].

Проблемы энергосбережения относятся к актуальнейшим социальным проблемам глобальной постиндустриальной экономики. Для России они являются особенно важными потому, что расход энергии на единицу валового внутреннего продукта в стране в среднем на 30 % выше, чем в остальных индустриально развитых странах. Из стран, входящих в десятку крупнейших потребителей энергии в мире, ни одна не потребляет больше энергии на единицу ВВП, чем Россия.

Сохранение высоких темпов экономического роста национальной экономики возможно только при условии повышения уровня энергосбережения в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве, при производстве, транспортировке и распределении энергии.

РФ располагает одним из самых больших в мире технических потенциалов повышения энергоэффективности, который составляет более 40 % уровня потребления энергии. Ресурс повышения энергоэффективности следует рассматривать как один из основных энергетических ресурсов будущего экономического роста. Главной движущей силой в проведении энергосберегающей политики является государственный сектор, а ее экономической основой — самокупаемость затрат на выполнение энергоэффективных проектов, включенных в федеральные и региональные программы энергосбережения [2]. Реализация комплекса мер правового, административного и экономического характера стимулирующих энергосбережение, будет способствовать устойчивому развитию экономики России, обеспечивая тем самым ее энергетическую безопасность, представляющую собой неотъемлемую часть всей системы национальной и экономической безопасности РФ.

Литература

1. **Федеральный** Закон Российской Федерации «Об энергосбережении» от 03.04.96 № 28 (с изм., внесенными ФЗ от 08.05.2015 №83-ФЗ).
2. **Саенко В.В.** Энергетическая стратегия России до 2020 г /доклад на 2 ДВМЭФ. Хабаровск, 2007.

М.А. Киселёва, асп.; рук. Е.Э. Толикова, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ОСОБЕННОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

В условиях роста следует уделять особое внимание энергетическому сектору страны, который определяет основные параметры функционирования топливно-энергетического комплекса России.

Согласно энергетической стратегии России одной из стратегических целей энергетической политики России является создание устойчивой национальной инновационной среды для обеспечения развития российского топливно-энергетического комплекса высокоэффективными отечественными технологиями и оборудованием, научно-техническими и инновационными решениями в объемах, необходимых для поддержания энергетической безопасности страны [1].

В связи с этим возрастает роль и значение инновационных проектов, как инструмента достижения конечного инновационного продукта.

Применительно к энергетическому сектору экономики России инновационные проекты имеют свои особенности:

1. Каждый инновационный проект должен пройти цикл «наука—производство—потребление» одного из направлений энергетики.

2. Сложность прогнозирования результатов и как итог — повышенные риски.

3. Разработка и внедрение инновационного проекта согласно специфике энергетической отрасли.

4. Организация работы участников проекта на предприятии, генерирующем энергию.

5. Отсутствие привычных стандартов инновационного проекта в энергетическом секторе.

Развитие национальных инновационных проектов в энергетическом секторе экономики Российской Федерации может привести к устойчивой конкурентоспособности среди соперничающих стран мира.

Таким образом, специфика инновационных проектов в энергетике способствует не только введению на рынок высокоэффективных технологий и оборудования, но и содействует укреплению и развитию топливно-энергетического комплекса России.

Литература

1. **Энергетическая** стратегии России на период до 2030 года.

Ю.С. Кузякина, студ.; рук. Е.А. Терехова, к.э.н., доц. (РТА, г. Люберцы)

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ КЛАСТЕРОВ РЕГИОНА

Эффективное формирование и развитие промышленных кластеров на уровне региона подразумевает управление данным процессом с использованием управленческих методов и средств.

Методы управления формированием промышленных кластеров – это комплекс мер, с использованием которых органы регионального управления воздействуют на структуру, элементы и организацию промышленного кластера с целью достижения поставленных задач в области его формирования и функционирования.

Управление формированием региональных промышленных кластеров включает в себя как общие методы управления (административные и экономические методы), так и специальные методы (методы целеполагания, методы прогнозирования и планирования, методы организации, методы анализа кластерных образований и др.)

Административные методы реализуются путем прямого воздействия органа управления формированием и функционированием кластера на его участников и осуществляются на основе разработанной нормативно-правовой базы функционирования кластера в пределах полномочий органа управления [1].

Экономические методы управления формированием промышленных кластеров заключаются в воздействии на экономические интересы участников промышленного кластера и основываются на использовании экономических рычагов (кредит, налоги и др.), позволяющих создавать эффективный механизм работы кластера в целом [1].

Что касается специальных методов управления, то они обеспечивают реализацию отдельных процессов управления формированием кластера.

Повышение качества управления кластером повышает и его конкурентоспособность, и конкурентоспособность региона в целом.

В интересах достижения высокой эффективности процесса кластеризации с использованием вышеназванных методов разрабатываются методики, которые в свою очередь учитывают национальные и региональные особенности и условия формирования кластеров.

Литература

1. **Караева Ф.Е.** Формирование, идентификация и управление конкурентоспособностью регионального промышленного кластера: дисс. ... докт. экон. наук. Санкт-Петербург, 2014. 323 с.

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ

Целью управленческих инноваций является повышение эффективности функционирования и конкурентоспособности предприятия с помощью изменений в системе управления предпринимательской структуры. Практика прогнозных оценок и дальнейшего внедрения инноваций свидетельствует о возможном возникновении неопределенности при оценке, планировании и управлении инновациями.

Большинство методов рассматривают неопределенности в виде распределения вероятностей, которые основаны и построены на основе субъективных идеализированных экспертных оценок [1]. Опираясь на многочисленный опыт исследователей, можно утверждать, что вероятностный подход не может быть признан надежным инструментом решения слабоструктурированных задач, таких как управления инновациями. Многими исследователями для оценки риска и эффективности инноваций используется методика теории нечетких множеств. В данном методе используется распределение возможностей. Данные методы также относятся к методам принятия решения в условиях неопределенности. При осуществлении арифметических действий с такими нечеткими интервалами эксперты получают нечеткий интервал для каждого целевого показателя. Данный метод позволяет на основе исходной информации получить границы допустимых значений параметров и области их возможных значений [2].

Еще одним методом нечетких множеств является интервальный. Все входные переменные задаются в виде интервала, функции принадлежности которых являются классическими функциями множества.

Таким образом, очевидно, что для получения результирующего значения показателя эффективности инновации в интервальном виде более правильным является применение правил нечеткой математики. В результате анализа было установлено, что применение данного метода повышает объективность оценки эффективности инноваций и позволяет более точно скорректировать экономические ресурсы в хозяйствующих субъектах с целью повышения направленности организации на повышение конкурентоспособности организации в целом.

Литература

1. **Заде Л.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений: пер. с англ. М.: «Мир», 2015. 165 с.
2. **Ковалев В.В.** Введение в финансовый менеджмент. М.: Финансы и статистика, 2015. 768 с.

М.В. Лысенко, студ.; рук. Н.Ф. Солдатов, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СПЕЦИФИКА МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА РЫНКЕ СТРАХОВЫХ УСЛУГ

Целью маркетинговых исследований на рынке страховых услуг является сбор, обработка и анализ данных с целью изучения текущих проблем на рынке услуг и принятия нужных маркетинговых решений, что обусловило актуальность темы [1].

На практике маркетинговые исследования на рынке страховых услуг сводятся к исследованиям, направленным на решение ограниченного числа проблем, которые периодически повторяются. Большинство исследований нередко проводятся на систематической основе, хотя существуют разовые и эпизодически повторяющиеся исследования, и могут быть классифицированы следующим образом: «Исследование рынка», «Исследование сбыта», «Исследование потребительских свойств услуг», «Исследование рекламы».

Наиболее частые проблемы, для которых исследовательский отдел проводит маркетинговые исследования, это проблемы, связанные с исследованием рынка, потребительских свойств товаров (услуг), исследованием рекламных компаний конкурентов и исследованием сбыта. Рынок меняется ежедневно и запросы потребителя тоже. Для решения этой задачи необходимо проводить ежеквартальные маркетинговые исследования рынка с целью анализа текущей ситуации на рынке, проводить маркетинговые исследования потребительских свойств услуг для выявления слабых сторон той или иной услуги и последующее ее совершенствование, также разработка новых услуг [2].

Маркетинговые исследования являются эффективным инструментом для достижения целей, так как совмещают информационную функцию, предполагающую предоставление достоверных данных о состоянии рынка, деятельности конкурентов, предпочтениях потребителей с консультационной функцией, заключающейся в интерпретации информации и формировании рекомендаций по разработке маркетинговой стратегии предприятия, функционирующего на рынке страховых услуг.

Литература

1. **Березин И.А.** Маркетинговые исследования: инструкция по применению. М.: Изд-во Юрайт, 2012.

2. **Тюрин Д.В.** Маркетинговые исследования: учебник для бакалавров. М.: Изд-во Юрайт, 2013.

СИСТЕМА «ЕДИНОГО ОКНА» КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ПРИНЦИП ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

Усиление национальной конкурентоспособности государств—членов ЕАЭС в разрезе глобальной экономики является одним из приоритетных направлений развития. Именно от национальной конкурентоспособности зависит уровень как инвестиционной привлекательности, так и развитие международной торговли. В рамках таможенного администрирования и построения эффективной системы регулирования и контроля внешнеэкономической деятельности была разработана система «единого окна». Под системой «единого окна» понимается механизм, который призван улучшить взаимодействие участников внешнеэкономической деятельности с государственными органами. Данная система уже давно используется в ряде стран. К примеру, в Финляндии это система «PortNet», в Германии — «Dakosy» [1,2].

Участники внешнеэкономической деятельности должны иметь возможность предоставлять все необходимые документы в стандартизированной форме через единый информационных канал, в случае необходимости предоставления пакета документов другим государственным органам, участник внешнеэкономической деятельности не представляет их повторно, данное взаимодействие происходит на уровне государственных органов. Для эффективной реализации системы необходимо выполнение ряда условий:

- 1) программа реализации механизма работы систем, план-график ее финансирования;
- 2) единый государственный орган, который уполномочен осуществлять сбор данных, предоставляемых участниками ВЭД;
- 3) стандартизация документов, предоставляемая участниками ВЭД;
- 4) единая система передачи данных [3].

От внедрения системы участники внешнеэкономической деятельности ожидают снижения бумажной волокиты. Предварительно предоставленная информация в электронном виде поможет избежать простоя транспортного средства и снизит издержки участника ВЭД.

Однако открытым остается вопрос, связанный с наличием единого печеня документов для участника ВЭД.

Литература

1. **Международная** конвенция об упрощении и гармонизации таможенных процедур (Киотская конвенция).
2. **Рамочные** стандарты безопасности и облегчения мировой торговли. Всемирная таможенная организация.
3. **Рекомендации** ЕЭК ООН 18, 33, 34, 35.

Д.С. Масальский, студ.; рук. Р.М. Акчурина, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Рост и дифференциация спроса на все виды информации (научную, техническую, экономическую), а также повышение требований к содержанию и формам представления данных являются серьезными стимулами развития рынка информационных технологий. Владение достоверной и актуальной информацией вместе с умением эффективно применять методы и средства ее сбора, преобразования и передачи служит основой успешной деятельности любых организаций.

Автоматизированная информационная технология представляет собой совокупность методов и способов сбора, передачи, накопления, хранения, поиска и обработки информации на основе применения средств вычислительной техники и связи. Посредством различной техники начальные исходные данные обрабатываются и превращаются в составляющие нужной конечной информации.

Информационная технология должна отвечать следующим требованиям: обеспечивать высокую степень разделения всего процесса обработки информации на этапы, операции, действия; включать набор элементов, необходимых для достижения поставленной цели; иметь регулярный характер [1].

Главной целью создания автоматизированной информационной технологии в управлении является своевременное предоставление достоверной информации специалистам и руководителям для принятия обоснованных управленческих решений. Подобная автоматизация позволяет: повысить эффективность управления компанией за счет обеспечения руководителей и специалистов полной и достоверной информацией; улучшить делопроизводство при помощи оптимизации и стандартизации документооборота, автоматизации наиболее трудоемких его процедур; снизить расходы на ведение дел за счет автоматизации процессов обработки информации, упрощения доступа сотрудников компании к нужной информации; повысить эффективность обмена данными между отдельными подразделениями, филиалами; гарантировать полную безопасность и целостность данных на всех этапах обработки информации [2].

Литература

1. **Титоренко Г.А.** Автоматизированные информационные технологии в экономике. М.: ЮНИТИ, 2010.
2. **Титоренко Г.А.** Информационные системы и технологии управления. — 3-е изд. М.: ЮНИТИ, 2011.

Д.А. Мельник, асп.; рук. Е.Е. Кузьмина, д.э.н., проф. (РТА, г. Люберцы)

К ВОПРОСУ ОБ ИНТЕГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ В РАМКАХ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА В СФЕРЕ ЭНЕРГЕТИКИ

Эффективное использование совокупного энергетического потенциала государств-членов, в том числе формирование общего электроэнергетического рынка (далее — ОЭР Союза), определено одним из основных направлений интеграционных процессов, обеспечивающих устойчивое развитие национальных экономик [1]. Вместе с тем практик по созданию общего рынка электрической энергии на постсоветском пространстве не существует. Проведенный нами анализ состояния электроэнергетических рынков государств-членов Союза в работе [2], позволил выявить предпосылки формирования ОЭР Союза: единая технологическая основа, развитая электросетевая инфраструктура, возможность экспорта электроэнергии в нескольких направлениях за пределы Союза и др.

На основании проведенного исследования существующих моделей и принципов организации межгосударственной передачи электроэнергии другими интеграционными объединениями, в том числе из рассмотренного опыта Европейского союза, были выявлены различные варианты создания и развития общих рынков электрической энергии. В результате, на наш взгляд, наиболее подходящей моделью интеграции электроэнергетических рынков государств-членов Союза является модель, предусматривающая взаимную и скоординированную работу существующих национальных электроэнергетических рынков.

В соответствии с выбранным вариантом формирования ОЭР Союза необходимо проработать возможность использования торговой площадки АО «КОРЭМ» для организации спот-торгов в рамках ОЭР Союза и участия в торгах компаний Российской Федерации. Кроме того, следует рассмотреть подходы к организации взаимной торговли электрической энергией по свободным двусторонним договорам на централизованных торгах на сутки вперед в рамках ОЭР Союза.

Литература

1. **Договор** о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года.
2. **Отчет** о студенческой научно-исследовательской работе «Состояние и перспективы развития электроэнергетики Российской Федерации в условиях формирования общего электроэнергетического рынка государств — членов Таможенного союза и Единого экономического пространства». Рук. работы А.Я. Черныш; отв. исполн. Д. А. Мельник; ФТС, РТА, каф. экономики тамож. дела. Люберцы, 2014. С. 29.

К.А. Никифорова, студ.; рук. Е.Э. Толикова, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РОЛЬ ХОТОРНСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В РАЗВИТИИ ШКОЛЫ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ

Школа «человеческих отношений» получила распространение в 30—50 гг. XX в. Основные представители: Элтон Мэйо, Абрахам Маслоу, Дуглас Мак Грегор, Фредерик Герцберг. Данная школа положила начало новому этапу в развитии зарубежной социологии менеджмента, сосредоточила свое внимание на человеке, стремясь построить его модель поведения.

Большой вклад в развитие теории и практики человеческих отношений внесли Хоторнские эксперименты, проводившиеся в 1924—1932 гг. в США (Чикаго) на Хоторнских предприятиях под руководством Элтона Мэйо (1880—1949) — английского психолога, социолога и специалиста по теории организации [1].

Эксперимент проводился в четыре этапа. На первом этапе изучалась роль влияния интенсивности освещения на производительность труда. Эксперимент показал, что между освещением и производительностью нет прямой причинной связи.

На втором этапе изучались «неконтролируемые факторы», воздействующие на производительность труда. Была выявлена гипотеза о влиянии взаимоотношений в коллективе на производительность труда.

Задачей третьего этапа было осуществление проверки гипотезы, выдвинутой во втором этапе. Была разработана программа, состоящая из бесед 20 тыс. сотрудников об их отношении к работе. Результат данного этапа показал, что норма выработки рабочего определяется не его добросовестностью или физическими способностями, а давлением группы.

Четвертый этап. «Эксперимент на участке по производству банковской сигнализации». Изучая влияние коллег на производительность труда сотрудника, ученые сделали вывод о том, что групповые факторы поведения главенствуют над личностными [2].

Хоторнские эксперименты актуальны и на сегодняшний день, именно они заложили фундамент бихевиористского подхода к управлению.

В науке появилось понятие «Хоторнский эффект» — условия, в которых интерес к эксперименту приводил к искаженному, зачастую слишком благоприятному, результату.

Литература

1. **Кузнецов Ю.В.** Теория организации: учебник для бакалавров. М.: Изд-во Юрайт, 2015.
2. **Гаврилова Т.Ю.** Хоторнские эксперименты: предпосылки, суть, результаты // Научное сообщество студентов XXI столетия, 2015.

Е.С. Орлова, асп.; рук. В.А. Епифанов, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Состояние и перспективы развития потенциала энергетики оказывают значительное влияние на возможность устойчивого развития экономики страны. В этих условиях конкурентоспособность становится важнейшим показателем, способным учесть весь спектр факторов, в том числе таких важных, как энергоёмкость и энергоэффективность производства [1].

Однако, несмотря на многообразие методов и методик определения и оценки конкурентоспособности, эта область знания не стоит на месте. По-прежнему появляются новые методы расчета и анализа. Конкуренция в свою очередь также постепенно развивается как в России, так и за рубежом, открывая все новые показатели конкурентоспособности. Так, в настоящее время выделяют два основных направления совершенствования конкурентоспособности:

- 1) изменение ценовой политики предприятия;
- 2) повышение концентрации производства.

Данные направления развития следует подробно рассматривать в практической деятельности. Рекомендуется проводить анализ влияния развития конкурентоспособности предприятия на совершенствование методов ее оценки, сложность и специфику оценки конкурентоспособности предприятий энергетической отрасли, а также формулировать предложения по оценке конкурентоспособности предприятий сферы энергетики с учетом специфики их функционирования для получения наиболее оптимальных и объективных результатов сравнительного анализа [2,3].

Литература

1. **Экономика** энергетики: учебное пособие // Н.Д. Роголёв, А.Г. Зубкова, И.В. Мастерова и др. М: Издательство «МЭИ», 2005.
2. **Епифанов В.А., Орлова Е.С.** Конкурентоспособность предприятия и методы ее оценки // Инновации в отраслях народного хозяйства как фактор решения социально-экономических проблем современности: сборник докладов и материалов V Международной научно-практической конференции, Москва, 3—5 декабря 2015. М: Институт непрерывного образования, 2015.
3. **Солдатова Н.Ф., Орлова Е.С.** Теоретические аспекты конкурентоспособности предприятий энергосектора // Экономика и управление в машиностроении. 2016. 1(43).

М.А. Петрова, студ.; рук. Е.А. Терехова, к.э.н., доц. (РТА, г. Люберцы)

МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УСЛУГИ (НА ПРИМЕРЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ТАМОЖЕННЫХ УСЛУГ)

Со вступлением в силу Таможенного кодекса Таможенного союза, который регулирует таможенные правоотношения, определяет и конкретизирует формы таможенного контроля, устанавливает основные требования к проведению таможенных операций участниками внешнеэкономической деятельности и таможенными органами, определяет правовое содержание таможенных процедур, важно отметить, что указанный кодекс имеет единые условия и порядок признания лиц, осуществляющих деятельность в сфере таможенного дела. К таковым относится и таможенный перевозчик.

Профессиональные услуги, оказываемые этим субъектом, позволяют таможенным органам более успешно реализовывать определенные задачи по регулированию правоотношений, возникающих в процессе перемещения товаров через таможенную границу. Повышение качества работ и услуг выступает одним из основных направлений роста их эффективности. Относительно услуг необходимо отметить, что увеличение объемов оказания государственных таможенных услуг должно сопровождаться повышением их качества или как минимум оставаться неизменным. В ГОСТ Р 50691—94 «Модель обеспечения качества услуг» обслуживание определено как «деятельность исполнителя при непосредственном контакте с потребителем услуги», что в полной мере соответствует одному из видов таможенной деятельности — предоставлению государственных таможенных услуг [1].

Обеспечение высокого уровня качества таможенного обслуживания является одним из действенных способов повышения инвестиционной привлекательности государства. Качественное таможенное обслуживание можно определить как одно из приоритетных направлений таможенной политики, так как оно позволяет не только увеличивать численность лояльных потребителей государственных таможенных услуг, но и положительно влияет на имидж как отдельного таможенного органа, так и единой таможенной системы страны в целом. Расчет количественных значений показателей качества основан на использовании методов статистического анализа, выборочного и сплошного контроля, анкетировании специалистов — экспертов, клиентов и на сравнении фактического состояния с научно обоснованными нормативами (баллами, уровнями, средними величинами и т.д.). Наиболее эффективный, на наш взгляд, это метод количественной и интегральной оценки.

Литература

1. ГОСТ Р 50691—94. Модель обеспечения качества.

А.М. Сабурова, студ.; рук. Е.А. Терехова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Информационные технологии (ИТ) — процессы, методы поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации и способы осуществления таких процессов и методов [1]. В основе ИТ лежат экономическая кибернетика, теория принятия решений, теория экономико-математического моделирования, теория управления организационными системами [2].

Современные ИТ являются инструментом эффективности управления. Зарубежный опыт наглядно иллюстрирует высокую результативность применения современных ИТ в обеспечении управленческой деятельности. Грамотное и оперативное координирование, эффективный контроль, обеспечение безопасности информации, ограниченность текучести кадров, сочетание жесткой дисциплины с открытым взаимодействием между подчиненными и руководителями – вот лишь некоторые результаты японского опыта в данном направлении.

Уровень государственного управления также активно использует преимущества ИТ. Примером успешного информационного обеспечения управления может служить японская информационная система «Электронное правительство», связывающая в единое целое все государственные учреждения страны.

Аналогичная система в декабре 2009 была запущена в России — единый портал для предоставления электронных государственных услуг в интернете в режиме «одного окна». Результатом применения современных ИТ в обоих случаях является рационализация использования времени; более точная, детальная и своевременная информированность; эффективная координация.

Таким образом, внедрение современных ИТ упрощает коммуникации и освобождает руководителей от решения не первоочередных задач, что впоследствии обеспечивает эффективную управленческую деятельность.

Литература

1. **Федеральный** закон от 27.07.2006 N 149-ФЗ (ред. от 06.07.2016) «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».
2. **Абросимова М.А.** Информационные технологии в государственном и муниципальном управлении: учебное пособие. М.: КноРус, 2013.

М.Г. Соболевский, асп.; рук. Е.Э. Толикова, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

СПЕЦИФИКА КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В современной экономике РФ система оценки персонала в энергетическом секторе нуждается в более тщательном подходе и ее рассмотрении. Промышленно-производственный персонал энергетического предприятия подразделяется на эксплуатационный, ремонтный и административно-управленческий. В состав эксплуатационного персонала входят: рабочие, непосредственно обслуживающие производственные процессы в основном, обеспечивающем и обслуживающем производствах; служащие, выполняющие преимущественно вспомогательные функции; инженерно-технические работники, осуществляющие техническое и экономическое руководство производственно-хозяйственной деятельностью всего предприятия; младший обслуживающий персонал, выполняющий простые вспомогательные работы, которые не требуют профессиональной подготовки, уборку, охрану и др.; ученики различных специальностей и профессий [1]. Ремонтный персонал подразделяется на собственный ремонтный персонал и привлекаемый со стороны (ремонтный персонал подрядных организаций). Административно-управленческий персонал обеспечивает общее управление всеми подразделениями предприятия. Он включает дирекцию, а также службы, занимающиеся информационным обеспечением, планово-экономическими и бухгалтерскими расчетами, материально-техническим обеспечением, сбытом продукции [2].

Проблема эффективного управления кадрами является первостепенной, поскольку, учитывая роль персонала предприятия в энергетическом секторе, стоит пересмотреть систему оценки и поощрения работников в соответствии со стратегией развития предприятия на рынке [3].

Литература

1. **Мещеряков С.В., Коршунов А.В.** Экономические аспекты формирования человеческого капитала в электроэнергетике // Надежность и безопасность энергетики. 2013. № 4 (23). С. 32—36.

2. **Каган А.В.** Новые технологии и формы обучения // Кадры для инновационной энергетики 2010. № 17. С. 31—35.

3. **Савинов О.И., Толикова Е.Э.** Анализ и совершенствование инновационных инструментов промышленного развития // Инновационный потенциал, состояние и тенденции развития в экономике, проектном менеджменте, образовании, политологии, юриспруденции, психологии, экологии, медицине, филологии, философии, социологии, технике, физике, математике: сборник научных статей Международной научно-практической конференции. СПб.: ООО «ИЦ «КУЛЬТ-ИНФОРМ-ПРЕСС», 2013.

Ю.А. Старицкая, студ.; рук. П.В. Лисин, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

МЕХАНИЗМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЗРАЧНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ ЗАКУПОК

Прозрачность и открытость являются одними из важнейших принципов контрактной системы в сфере закупок, указанных в ст. 6 Федерального закона №44-ФЗ. Сами принципы открытости и прозрачности раскрываются в ст. 7 Федерального закона № 44-ФЗ [1].

Понятие термина «прозрачность» можно разделить в зависимости от субъекта закупки. Например, для заказчика – это знание законодательства с учетом всех изменений, а для участника закупки и общественного контролера — понимание, чем рискует заказчик, совершая ошибки.

При подготовке доклада использовался подход к трактовке термина «прозрачность» не только с точки зрения необходимости размещения всей предусмотренной законодательством информации в единой информационной системе (ЕИС), но и как механизма обеспечения «понятности» всех процедур, документов, процессов для всех заинтересованных участников контрактной системы.

По результатам исследования были сформированы следующие механизмы повышения прозрачности закупок: создание информационной системы, объединяющей филиалы и подразделения учреждений для размещения информации об изменениях законодательства в сфере закупок и возможностью общения в режиме реального времени между головной организацией и филиалами; создание мобильного приложения; дополнительный внутренний контроль заказчиком за процедурой размещения контрактной службой информации и документов в ЕИС; использование типовых технических требований и проектов контрактов, утвержденных в образовательных учреждениях и применяемых в процессе закупок товаров, работ, услуг для собственных организаций; размещение на сайте заказчика различных схем, таблиц, иных материалов, иллюстрирующих различные этапы процедур закупки с целью информирования потенциальных участников закупки; использование «внутреннего» положения (регламента) работы контрактной службы с указанием порядка взаимодействия ее работников с другими подразделениями и/или должностными лицами заказчика; размещение извещений и документаций не только в ЕИС, но и на официальном сайте заказчика, региональных печатных изданиях и т.д.

Литература

1. **Федеральный** Закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 05.04.2013 № 44-ФЗ.

А.С. Терехова, студ.; рук. В.А. Епифанов, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РОЛЬ МАРКЕТИНГОВЫХ СЛУЖБ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Служба маркетинга в рыночных условиях — это важнейшее звено в управлении предприятием, которое совместно с производственной, финансовой, торгово-сбытовой, технологической, кадровой и другими видами деятельности создает единый интегрированный процесс, направленный на удовлетворение запросов рынка и получения на этой основе прибыли. Поэтому служба маркетинга создается прежде всего для обеспечения гибкого приспособления предприятия к изменяющейся рыночной ситуации и требованиям потребителей на рынке. Это позволяет поднять интересы рынка над интересами отдельных видов деятельности предприятия и дает возможность обеспечить эффективную деятельность в целом [1].

Основная задача службы маркетинга заключается в ориентации на потребителя, отслеживании его потребностей, анализе деятельности конкурентов, определении их слабых и сильных сторон и возможных рыночных действий.

В процессе реализации маркетинга на предприятии решаются следующие задачи: комплексное изучение рынка; выявление потенциального спроса и неудовлетворенных потребностей; планирование товарного ассортимента и цен; разработка мер для полного удовлетворения спроса; планирование и осуществление сбыта; разработка мер по совершенствованию управления и организации производства [2].

Исходя из этого служба маркетинга должна определять направления совершенствования маркетинговой деятельности, разрабатывать и добиваться выполнения планов, программ маркетинговой деятельности, доводить маркетинговую информацию до всех подразделений предприятия [1].

Специалисты по маркетингу должны устанавливать и доводить до каждого работника каким потребитель хочет видеть данный продукт, какую цену он готов платить, где и когда потребуется этот продукт. Таким образом маркетинговые службы оказывают влияние на реализацию всех важнейших функций предприятия.

Литература

1. **Котлер Ф.** Основы маркетинга. СПб.: Издательский дом «Вильямс», 2015.
2. **Данько Т.П.** Управление маркетингом. М.: ИНФРА-М, 2011.

Т.М. Тряпкина, студ.; рук. М.В. Патуроев, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПРОЦЕДУР ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ВЛАСТИ И НАЛОГОПЛАТЕЛЬЩИКА

Совершенствование взаимодействия исполнительного органа (Управление Федеральной налоговой службы России по Москве, далее — УФНС России по Москве) и налогоплательщика является достаточно важной задачей, поскольку взаимодействие УФНС России по Москве и налогоплательщика взаимовыгодно.

Физические и юридические лица получают от такого взаимодействия плюсы в виде отсутствия претензий налоговых органов, снижения рисков выездных налоговых проверок, доначисления налогов, судебных споров, начисления штрафов и пени за просрочку, а также привлечения к налоговой, административной, уголовной ответственности.

Государство, в свою очередь, при развитии взаимодействия с налогоплательщиками может получить целый ряд выгод: это снижение количества правонарушений и преступлений в сфере налогообложения, повышение собираемости налогов, повышение привлекательности российской системы налогообложения для иностранных инвесторов [1].

УФНС России по Москве преследует свои цели: более оперативно и качественно осуществлять функции по контролю и надзору за соблюдением законодательства о налогах и сборах, правильностью исчисления, полнотой и своевременностью внесения в соответствующий бюджет налогов и сборов.

Данный подход позволит повысить прогнозируемость поступлений налогов во все уровни бюджетной системы РФ, а также своевременно выявлять пробелы и коллизии в налоговом законодательстве.

Литература

1. **Государственное** и муниципальное управление: учебник / под ред. Н.И. Захарова. М.: ИНФРА-М, 2014.

П.Р. Уланова, студ.; рук. Е.Э. Толикова, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

КАТЕГОРИЯ «КОНКУРЕНТНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО» КОМПАНИИ

В современном мире возрастает глобальная конкуренция, основанная на создании наукоемких продуктов и услуг. Конкуренция является основным двигателем экономически эффективных отношений.

Конкурентное преимущество компании — это какая-либо эксклюзивная ценность, которой обладает компания, дающая ей превосходство над конкурентами в экономической, технической и организационной сферах, возможность более эффективно распоряжаться имеющимися ресурсами.

Классификация конкурентных преимуществ [1]:

- по отношению к организации: внешние и внутренние;
- по сферам возникновения: природно-климатические, социально-политические, технологические, культурные, экономические;
- по содержанию фактора преимущества: качество товара, цена товара, качество сервиса;
- по продолжительности реализации: стратегические и тактические факторы преимущества;
- по возможности имитации: имитируемые и уникальные.

Основная задача компании состоит в том, чтобы быть лучше, чем конкретные конкуренты, выступающие с предприятием на одном рынке (имеющие пересекающиеся цели) [2].

Таким образом, структурные и функциональные изменения на предприятии призваны обеспечить условия для успешной деятельности, привести в соответствие со складывающимися условиями внешней среды основные направления компании. Совокупность таких изменений и работу по управлению изменениями обычно называют развитием (создание конкурентных преимуществ). Итак, мы видим, что понятие конкурентных преимуществ компании — это многогранное трансформируемое явление.

Литература

1. **Портер М.** Конкуренция. М.: Издательский дом «Вильямс», 2013.
2. **Юданов А.Ю.** Теория конкуренции: прикладные аспекты. М.: АкаЛиС, 2014.

В.А. Федорицев, асп.; рук. Е.Э. Толикова, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

При рассмотрении энергосбережения как неотъемлемой части энергетики можно с уверенностью сказать, что для эффективного функционирования не только предприятия или города, а для целой страны нужны кардинальные меры с большим количеством затрат.

Однако при более детальном изучении данного вопроса, а также основываясь на общедоступных докладах зарубежных предприятий, можно сделать вывод, что применение энергосберегающих компаний обходится дешевле, чем использование любого из существующих ресурсов для выработки энергии при увеличении потребностей в электроэнергии.

Энергосбережение — комплекс мер по реализации правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное (рациональное) использование (и экономное расходование) топливно-энергетических ресурсов и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии [1]. В настоящее время реальным шагом для сокращения объемов потребляемой энергии может стать четкая формулировка стратегии энергосбережения в масштабах страны, а также менеджмент по энергосбережению во всех компаниях, к особенностям которой можно отнести большой объем потребляемой энергии.

Для примера можно рассмотреть японскую систему по энергосбережению. Японская целевая программа реализуется уже в течение 45 лет и с результатами не может соревноваться ни одна страна мира. С 1970 года Япония смогла увеличить энергоэффективность на 40 % в масштабах всей страны. Достигнуто это путем жесткого законодательного регулирования данного процесса вследствие нефтяного кризиса 70-х годов. Данная государственная программа реализуется по нескольким направлениям: рационального сжигания топлива; рационализации отопления, охлаждения и теплопередачи; предотвращения теплотерь; использования сбросного тепла; эффективного преобразования тепловой энергии в электрическую; уменьшения потерь электроэнергии [3].

Литература

1. **Данилов Н.И., Щёлоков Я.М.** Домашняя энергетика. М.: Департамент топливно-энергетического хозяйства Москвы, 2006. 118 с.
2. **Давыдянц Д.Е., Жидков В.Е., Зубова Л.В.** К определению понятий «энергосбережение» и «энергоэффективность» // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 9—6. С. 1294—1296;
3. **Technology of Saving Energy** // Nakasago Thermal Engineering Co., Ltd. 2016. P. 3.

Ю.А. Фёдорова, студ.; рук. В.А. Епифанов, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Организационная структура — это один из формирующих элементов системы управления, находящейся в развитии и постоянно нуждающейся в качественном совершенствовании, адекватно изменяющихся социально-экономических условиях, обновленных бизнес-стратегиях и перспективах производственно-рыночной деятельности.

Разумно созданная структура системы управления в значительной мере определяет ее эффективность, так как обеспечивает устойчивость связей между множеством составляющих компонентов объекта управления и обеспечивает целостность системы. Она связывает отдельные элементы системы в единое целое, существенно влияет на формы и организацию планирования, оперативного управления, способы организации работ и их координацию, дает возможность измерить и сравнить результаты деятельности каждого звена системы. Организационная структура влияет и на технологию управления, ставит задачи оптимального распределения информации, использования управленческой техники при подборе и расстановке кадров [2]. Основной задачей здесь является повышение эффективности управления.

Без развития методов проектирования структур управления затруднено дальнейшее совершенствование управления и повышение эффективности производства.

В настоящее время наблюдается активный процесс реорганизаций управленческих структур как в крупных межотраслевых комплексах, так и в средних организациях, функционирующих в пределах одной отрасли или рыночной сферы. Важнейшими факторами, детерминирующими подобную реорганизацию, являются: активизация инновационных процессов в различных областях деятельности; развитие предпринимательства, предполагающего конструктивное использование творческой инициативы членов коллективов предприятий и организаций; внедрение информационных технологий, видоизменяющих управленческий процесс [1].

Своевременная корректировка структуры способствует повышению эффективности деятельности предприятия, а обоснованный выбор организационной структуры в значительной мере определяет стиль управления и качество трудовых процессов.

Литература

1. Мильнер Б.З. Теория организации: учебник. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013.
2. Кузнецов Ю.В., Мелякова Е.В. Теория организации: учебник для бакалавров. М.: Юрайт, 2013.

Секция 30

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Председатель секции — д.т.н., профессор каф. ИЭБ
А.С. Минзов*

Секретарь секции — к.э.н, доцент Н.З. Емельянова

П.Я. Барлуков, студ.; рук. А.С. Минзов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТРАТ НА ПРОВЕДЕНИЕ АТТЕСТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Под аттестацией объектов информатизации (ОИ) [1] понимается комплекс организационно-технических мероприятий, в результате которых посредством специального документа – «Аттестата соответствия» – подтверждается, что объект соответствует требованиям стандартов и иных нормативно-технических документов по безопасности информации, утвержденным федеральным органом по сертификации и аттестации.

Моделирование затрат по проведению аттестации не поддается объективному прогнозированию на начальном этапе, так как впоследствии неизбежно появление новых факторов, влекущих увеличение сметы. Поэтому данное моделирование может быть использовано как руководство и для новых «игроков рынка», и для существующих компаний.

При моделировании затрат учитываются все работы, совершаемые при аттестации объектов, включающие:

- Изучение состава и конфигурация объектов информатизации.
- Предпроектное обследование ОИ, предназначенных для обработки информации конфиденциального характера и сведений, составляющих государственную тайну.
- Анализ возможных каналов утечки информации и разработка рекомендаций по их закрытию.
- Анализ и оценку документации по защите информации на аттестуемых объектах.
- Разработку и согласование программы-методики аттестационных испытаний.

- Подготовку помещений и коммуникаций для проведения аттестации.
- Проведение аудита, контроля эффективности аттестованных ОИ, документации.

В конечном итоге происходит разработка и согласование технического задания на аттестацию объектов информатизации, сметы работ по аттестации ОИ и спецификации поставляемых ТСЗИ.

Литература

1. **Хорев А.А.** Аттестация объектов информатизации и выделенных помещений // Специальная техника. М.: 2006. № 4. С. 49—61.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В БИБЛИОТЕКАХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

С развитием информационных технологий (ИТ) большое распространение получили электронные книги, но печатные издания пока не утратили свое значение. Об этом свидетельствует следующее: не все печатные издания переведены в электронный вид; современные издания можно найти в электронном виде в Интернете, но их пользование платное; в библиотеке студенты могут получить консультацию и рекомендации по использованию той или иной литературы. Для более эффективного осуществления книговыдачи и ее учета необходимо использование ИТ.

Существует множество систем для автоматизации процесса учета книговыдачи в библиотеке («Библиотека-3», «ИРБИС», «Руслан», «ОРАС-GLOBAL» и т.д.), но эти системы не позволяют полностью автоматизировать процесс учета книговыдачи (ввод данных в компьютер осуществляется вручную), а также не позволяют пресечь такие факторы, как, например, хищение книг из библиотеки (при использовании открытых фондов возможен вынос книги за ее пределы).

Для решения этих проблем необходимо автоматизировать процесс учета книговыдачи. В качестве примера была рассмотрена библиотека филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, которая использует систему «Руслан». Были проанализированы два варианта автоматизации: использование штрих-кодирования и технология радиочастотной идентификации RFID. В данном случае наиболее предпочтительным является внедрение второго варианта, поскольку эта технология обеспечит не только автоматизацию процесса учета фонда путем использования радиометок, но и позволит контролировать нахождение книг в пределах библиотеки (метки надежны, обновляемы и имеют большой срок службы) [1, 2]. Несмотря на дороговизну RFID-технологии, специфика филиала позволяет приобрести не весь комплекс оборудования, а только его часть, либо воспользоваться поэтапным внедрением данной технологии. Таким образом, для автоматизации процесса учета книговыдачи в библиотеке в долгосрочной перспективе наиболее предпочтительным является внедрение RFID-технологии в дополнение к основным информационным системам библиотеки.

Литература

1. **Штриховое** кодирование [Электронный ресурс] URL: <http://www.ug.ru/archive/22241> (дата обращения: 28.09.2016).
2. **ID logic больше чем RFID** [Электронный ресурс] URL: <http://id-logic.ru/biblio/> (дата обращения: 28.09.2016).

А.С. Дыбин, студ.; рук. А.С. Минзов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ DLP СИСТЕМ ПРИ КОНТРОЛЕ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ В КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЯХ

Технологии DLP (*Data Leak Prevention*) широко используются в информационной безопасности как для предотвращения утечек защищаемой информации, так и для расследования инцидентов информационной безопасности, связанных с утечками информации [1, 2].

Целью исследования является изучение текущих тенденций развития DLP систем. В ходе анализа будет рассматриваться функционал, который предоставляет система, надежность и устойчивость DLP систем против стандартных методов обхода контроля утечки информации, а также простота в использовании и администрировании.

Для достижения поставленной задачи необходимо:

1. Исследовать существующие DLP системы, на предмет функций, предоставляемых системой по защите информации в корпоративных информационных системах.
2. Исследовать надежность и устойчивость DLP систем, используя стандартные тесты. Необходимо составить статистику ложных срабатываний.
3. Провести анализ простоты использования и администрирования для выявления DLP систем наиболее дружелюбных к пользователю.
4. Предложить решения по защите конфиденциальной информации с использованием DLP систем, ориентированные на разные классы бизнеса.
5. Провести анализ для выявления слабых мест предложенного решения и их дальнейшего устранения.

В исследовании рассматриваются разные корпоративные информационные системы, ориентированные под свои задачи, имеют разный функционал и методики работы с конфиденциальной информацией в корпоративной информационной системе.

Итогом исследования может стать создание более рационального решения, оптимизированного под конкретную информационную систему, способного выполнять только те функции, которые необходимы для защиты конфиденциальной информации внутри корпоративной информационной системы.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27000—2012. Методы и средства обеспечения безопасности.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 18044—2004. Менеджмент инцидентов информационной безопасности.

А.Ю. Егоров, студ.; рук. А.С. Минзов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В АСУ ТП

Современные автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) строятся как распределенные компьютерные системы с множеством компонентов. И как любая компьютерная система, АСУ ТП подвержена угрозам информационной безопасности. Получение несанкционированного доступа к элементам АСУ ТП, таким как датчик, программируемый логический контроллер (ПЛК) или SCADA-система, может привести к настоящей промышленной катастрофе. В настоящий момент не существует единого решения по защите информации, обеспечивающего безопасность на всех уровнях АСУ ТП: верхнем (SCADA-системы), среднем (ПЛК) и нижнем (датчики) [1]. Основная проблема заключается в обеспечении аутентичности элементов всех трех уровней АСУ ТП. Важно подтвердить подлинность не только датчиков и ПЛК, но и их управляющих программ. Также необходимо обеспечить подтверждение личности пользователя и безопасный обмен информацией между отдельными элементами АСУ ТП. В этом и заключается актуальность работы.

Целью исследования является проектирование механизма доверенной среды в АСУ ТП, обеспечивающей безопасность всех трех уровней, с минимальным влиянием механизма на технологический процесс.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) проанализировать существующие реализации механизмов защиты информации на предмет их возможного применения в доверенной среде и оценить их влияние на технологические процессы;
- 2) для каждого из трех уровней АСУ ТП выбрать подходящие механизмы защиты информации на основе проанализированных данных;
- 3) создать механизм доверенной среды в АСУ ТП и оценить его эффективность;
- 4) описать подходы к реализации предложенного механизма в АСУ ТП с различной архитектурой.

Результатом исследования может стать новый подход к построению защищенных АСУ ТП.

Литература

1. **Пищик Б.Н.** Безопасность АСУ ТП // Вычислительные технологии. 2013. Т. 18. Специальный выпуск.

А.В. Жамков, студ.; рук. О.Р. Баронов, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧ ПО ПРОВЕРКЕ И ЗАЩИТЕ САЙТА ОТ SQL-ИНЪЕКЦИЙ

SQL (англ. Structured Query Language — «язык структурированных запросов») — универсальный компьютерный информационно-логический язык, появившийся в результате разработки реляционной модели данных, применяемый для создания, модификации и управления данными в реляционных базах данных [1,2].

Сфера магистерской работы — научно-педагогическая деятельность. В ходе написания работы будет создана научно-методическое обеспечение, в котором на примере лабораторных работ будут рассмотрены методики анализа сайта на внедрение SQL запроса, который может привести к тому, что злоумышленник может получить доступ к базе данных сайта.

Научная часть работы будет заключаться в исследовании технологий и механизмов SQL-инъекций и методов распознавания подобных атак на информационные системы.

Для лабораторных работ будет использоваться нейтральная среда. Под нейтральной средой понимается сайт, не принадлежавший ни одному из предприятий, а сделанный только исключительно в учебных целях. Также не будет использоваться ни одно из готовых программных решений, которое поможет выявлять данные угрозы. Весь обучающий цикл будут использоваться только штатные средства под управлением Windows и Linux систем.

В лабораторных работах будут рассмотрены различные методики внедрения SQL запроса, который при отсутствии надлежащей защиты приведет к работе с базой данных. Также будут рассмотрены методики защиты от данных запросов.

В результате работы по данной теме будет создан комплекс лабораторных работ, по которым можно научиться распознавать SQL-инъекции и научиться методам защиты от этих атак.

Литература

1. **Дейт К. Дж.** Введение в системы баз данных. — 8-е изд.: пер. с англ. М. Грабер. М.: ЛОРИ, 2007. 644 с.
2. **Дунаев В.В.** Базы данных. Язык SQL для студента. — 2-е изд. СПб.: БХВ-Петербург, 2012.

Н.Ю. Кудряшова, студ.; рук. А.С. Минзов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ЛОГИСТИКА ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В КОНЦЕПЦИИ ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001—2006

Появление новых международных стандартов серии ISO 27000 [1—3] в сфере менеджмента информационной безопасности в начале 2000 годов стало важным этапом развития теории и практики комплексной защиты информации в организациях, основанной на идее цикличности процессов управления информационной безопасностью и менеджмента рисков. Особенность этих стандартов заключалась в значительной самостоятельности выбора решений по информационной безопасности. Свободный стиль изложения практических правил и рекомендаций и некоторые неточности перевода международных стандартов привели к неоднозначному пониманию логики процессов управления ИБ в отечественных рекомендованных версиях стандартов (ГОСТ Р ИСО/МЭК 27000). Это потребовало проведения работ по изучению логистики процессов управления СМИБ, их оптимизации и отображения с использованием диаграмм международных стандартов [1—3].

Логистика процессов управления информационной безопасностью представляет собой моделирование в виде схемы на основе стандарта IDEF0 и цикла Деминга PDCA [1]. («Планирование СМИБ», «Внедрение СМИБ», «Мониторинг и анализ СМИБ», «Улучшение СМИБ»). Детальное моделирование предусматривает разработку моделей управления СМИБ каждым этапом и отдельными субъектами в системе управления (администрацией организации, специалистами информационной безопасности).

Также более детально были рассмотрены модели процессов управления рисками ИБ [2].

Литература

1. **ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001—2006.** Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности требования.
2. **ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005—2010.** Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности.
3. **ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002—2012.** Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Свод норм и правил менеджмента информационной безопасности.

ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ САЙТОВ В ИНТЕРНЕТЕ

В настоящее время любая сфера жизни человека неразрывно связана с развитием информационных технологий и Интернета. По данным We Are Social в своем докладе Digital in 2016 общее количество постоянных интернет-пользователей составляет 7395 миллиардов людей, это означает, что уже треть населения планеты Земля не может представить свою жизнь без всемирной паутины [1].

Для увеличения посещаемости сайта, развития интереса у целевой аудитории и для расширения клиентской базы желательно широко использовать различные рекламные инструменты и возможности, которые они предоставляют. Среди рекламных инструментов для продвижения сайтов различают легальные, полулегальные и нелегальные действия в отношении web-сайта. Под полулегальными действиями понимается искусственное увеличение количества ссылок на сайт (ТИЦ), вызванное их приобретением за деньги. К незаконным методам чаще всего относятся действия, направленные на получение результата в максимально сжатые сроки путем обхода общепринятых способов увеличения индексации [2].

В ходе анализа легальных методов продвижения сайтов было выявлено, что для эффективной поисковой оптимизации необходимо зарегистрировать запоминающееся доменное имя, использовать ЧПУ — человекопонятный URL, создание файла robots.txt, sitemap.xml, настроить главное зеркало, 404 ошибки, а также использование мета-данных.

В заключение можно сказать, что наиболее эффективным инструментом позиционирования сайта является наполнение сайта уникальным контентом и комплексное сочетание всех вышеперечисленных техник продвижения сайта. Также было определено, что данные техники эффективны и работают при наличии систематических проверок всех показателей, влияющих на позиционирование сайта и оперативной обратной связи. При соблюдении всех вышеуказанных условий возможно коммерчески и экономически эффективное продвижение сайта, что в свою очередь положительно скажется на конкурентоспособности организации в текущих экономических условиях и позволит повысить основные экономические показатели.

Литература

1. **We Are Social.** Digital in 2016. [Электронный ресурс]. URL: <http://wearesocial.com/special-reports/digital-in-2016> (дата обращения: 07.10.2016).
2. **Стелзнер М.** Контент-маркетинг. Новые методы привлечения клиентов в эпоху Интернета. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2012. 288 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СОЗДАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПО ЗАЩИТЕ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Согласно требованиям современного законодательства защита персональных данных в организациях является обязательным требованием. Поэтому перед руководителями организациями стоит вопрос о том, как выполнить эти требования. Основной перечень требований, которые необходимо выполнить представлены в Федеральном законе № 152 «О персональных данных» [1]. Пояснения о том, как выполнить данные требования, представлены в таких документах, как Приказы ФСТЭК России № 21 [2], № 17 [3], Приказ ФСБ России № 378 [4], Постановление правительства № 1119 [5].

При создании системы информационной безопасности (СИБ) по защите ПДн необходимо учитывать требования всех представленных документов, что является сложной задачей.

Основной идеей работы является создание модели, в которой будет рассмотрено поэтапное проектирование СИБ по защите ПДн с учетом требований представленных законодательных документов, данных об организации, требований руководящих документов и опыта специалистов по проектированию СИБ.

Итоговый результат работы будет представлен в виде формализованной модели описания процессов создания системы информационной безопасности ПДн. На основе этой модели можно будет создать автоматизированную систему разработки СИБ ПДн. Эта система позволит любой организации создать полный комплект документации по защите ПДн при заданных исходных данных, необходимых условий и ограничений. Это решение может быть реализовано в форме специализированного портала по защите ПДн.

Литература

1. **Федеральный закон** № 152 «О персональных данных».
2. **Приказ** ФСТЭК России № 21.
3. **Приказ** ФСТЭК России № 17.
4. **Приказ** ФСБ России № 378.
5. **Постановление** правительства № 1119.

А.С. Маслова, студ.; рук. М.Ю. Лебедева, к.т.н., доц.
(Филиал МЭИ в г. Смоленске)

ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА В ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ

Внедрение электронного документооборота в деятельность организации позволяет повысить эффективность управленческих процессов, поскольку автоматизирует операции согласования, исполнения поручений и контроль.

Анализ рынка отечественных систем электронного документооборота [1] (СЭД) представлен в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика СЭД

Критерий сравнения	Название СЭД			
	1С: Документо-оборот	Directum	DocsVision	Optima Work-Flow
Web-клиент	+	+	Дополнительно	+
Интеграция с 1С	+	+	Дополнительно	+
Ведение договоров	+	Дополнительно	+	+
Архив	+	+	+	Дополнительно
OCR	Дополнительно	+	Дополнительно	+
Цена на 100 раб. мест	372 000 (с учетом лицензии 1С: Предприятие)	472 000	495 000	600 000
Клиентская ОС	Кросс-платформенная	Windows (XP, Vista, 7, 10)	Windows (XP, Vista, 7, 10)	Windows (XP, Vista, 7, 10)
Серверная ОС	Windows Server (2003, 2008, 2012); Windows (XP, Vista, 7, 10); Linux	Windows Server (2003, 2008, 2012)	Windows Server (2003, 2008, 2012)	Windows Server (2003, 2008, 2012)
СУБД	Microsoft SQL Server 2005 и выше, PostgreSQL, 1С: Предприятие 8.2, 8.3	Microsoft SQL Server 2005 и выше	Microsoft SQL Server 2005, 2008, 2012	Microsoft SQL Server 2005, 2008, Oracle Database 10, 11

Качественный анализ параметров систем (с учетом достоинств и недостатков) показал, что наиболее эффективной является СЭД Directum, поскольку она позволяет поддерживать полный жизненный цикл управления документами, но не исключает, а упрощает и дополняет «бумажный» документооборот.

Литература

1. Как я выбирал СЭД [Электронный ресурс] // Хабрахабр. URL: <https://habrahabr.ru/post/198536/>

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕТА АБИТУРИЕНТОВ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

В настоящее время большое число организаций начинают пользоваться автоматизацией своих бизнес-процессов, так как на сегодняшний день невозможно представить эффективное функционирование всех сфер бизнеса, государственных структур, учебных заведений и других.

На сотрудников высшего учебного заведения обрушивается огромный поток информации. Как следствие, увеличивается число ошибок, а работа требует постоянно повышенного внимания. Большой поток информации скапливается в учебных заведениях, принимающих большие потоки абитуриентов. Именно поэтому автоматизация учета абитуриентов высшего учебного заведения все более актуальным. Целью данного исследования являлось создание автоматизированной информационной системы для высшего учебного заведения. Для достижения цели необходимо решить задачи анализа предметной области; построения IDEF0 диаграммы; тестирования созданного приложения [1]. На рис. 1 представлена логическая модель системы.

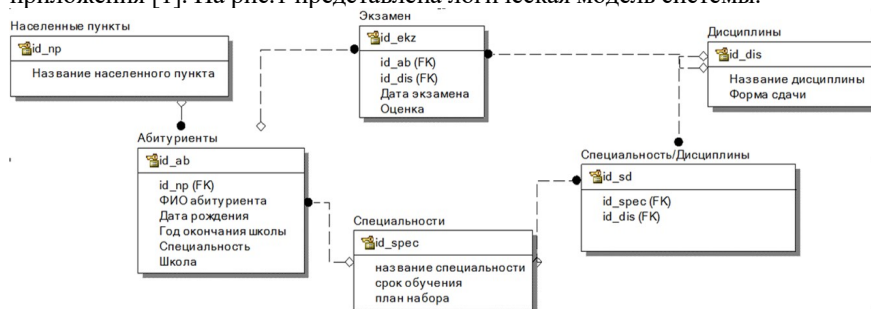


Рис. 1. Логическая модель

В ходе выполнения исследования была проанализирована предметная область – учета абитуриентов высшего учебного заведения. Была построена функциональная модель по стандарту IDEF0 и методологии SADT, а затем и модели данных «сущность-связь» по стандарту IDEF1X. На основе полученных результатов был осуществлен выбор структур таблиц с учетом нормализацией баз, а затем создание их структуры и реализация.

Литература

1. **Вендров А.М.** Практикум по проектированию программного обеспечения экономических информационных систем: учебное пособие для студентов вузов. М.: Финансы и статистика, 2012. 378 с.

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ПО ПРОДАЖЕ ЭЛЕКТРОННЫХ БИЛЕТОВ

Современные мобильные устройства представляют собой многоцелевой инструмент, обеспечивающий своему владельцу широкие возможности взаимодействия с реальным миром посредством разнообразных интерфейсов. Например, забронировать место на мастер-класс, записаться на прием к врачу, зарегистрироваться на авиарейс или заказать билет в кино. Удобно, но в итоге необходимо получить бумажный билет с содержащимся штрих-кодом.

Сегодня индустрия информационных технологий готова предложить альтернативу бумажному билету — электронный билет, цифровой образ которого хранится в базе данных. В отличие от бумажного электронный билет обладает рядом преимуществ.

Главное внимание уделяется упрощению и удобству процесса покупки билета. Наиболее подходящей для осуществления этого является технология QR-кода, которая подразумевает малый радиус действия, что обеспечивает локальное взаимодействие двух устройств. Размеры кода могут варьироваться в довольно широких пределах: от 11 модулей в версии Micro QR (M1) до 177×177 модулей в Version 40 QR code. Любой QR-код содержит несколько обязательных элементов. В первую очередь, это три больших «квадратика», окруженных пустым пространством. Именно по ним программа-сканер определяет позицию кода и корректирует искажение перспективы. Кроме того, код содержит еще один «квадратик» меньшего размера. Он служит для определения ориентации служебных областей [1].

Мобильное приложение разрабатывается на языке C# в среде программирования Visualstudio 2015, используя плагин Xamarin. Xamarin является кроссплатформенным инструментом разработки мобильных приложений для iOS, Android, WindowsPhone. К программе будет подключена серверная БД MySQL, которая используется для хранения данных покупателей и билетов [2].

С помощью мобильного приложения осуществляется покупка билетов и отображается их оставшееся количество.

Литература

1. [Электронный ресурс]. URL: Информационные материалы сайта android.mobile-review
2. **Android** для программистов. Создаем приложения / П. Дейтел, Х. Дейтел, Э. Дейтел, М. Моргано. СПб.: Питер, 2013.

П.А. Осипов, студ. (Университет «Дубна», г. Дубна);
рук. А.С. Минзов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ЖУРНАЛОВ СОБЫТИЙ ДЛЯ ПРОАКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Для защиты корпоративных информационных систем (КИС) используются межсетевые экраны, системы обнаружения вторжений, встроенные в КИС сканеры безопасности (модуль проактивной защиты в Битрикс 24). Однако по информации компании «KasperskyLab» во втором квартале 2016 года WEB-антивирусом было обнаружено 16 119 489 уникальных объектов (скрипты, эксплойты, исполняемые файлы и т.д. [1]. Все это говорит о том, что все современные средства не могут обеспечить 100 % защиты, поэтому для повышения уровня защищенности КИС требуется анализировать запросы, проводя анализ по журналам событий.

Журналы событий содержат записи о всех произошедших событиях в системе. Их пишут большинство современных устройств и приложений, что в совокупности представляет большое количество различных данных. Анализируя эти данные в реальном времени, можно понять, что происходит в системе, и принять соответствующее решение.

Такой подход вызывает проблемы, связанные не только с хранением и обработкой большого количества данных, но и с тем, как правильно настроить журналы, какие данные записывать в них. Например, по информации CPNI [2] для WEB-сервера минимальный набор полей должен состоять из: {<отметка даты и времени>, <IP-адреса клиента>, <код ответа сервера>, <размера ответа сервера>, <типа HTTP запроса>, <строки URL запроса>, <Referer>, <user-agent>}

Для проведения анализа журнала событий требуется сформировать первоначальную базу знаний, которая содержит признаки по различным атакам и их численные характеристики. Для формирования такой базы знаний требуется проведение имитации различных атак на систему и поиск их общих закономерностей и элементов, которые могут указывать на нее.

Литература

1. Развитие информационных угроз во втором квартале 2016 года. [Электронный ресурс]. URL: https://securelist.ru/files/2016/08/Kaspersky_Q2_report_malware_RUS.pdf. (Дата обращения: 15.10.2016).

2. CPNI – Effective Log Management. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cpni.gov.uk/Documents/Publications/2014/2014-04-02-Effective%20Log%20Management.pdf>. (Дата обращения: 15.10.2016).

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ АГРЕССИВНОМУ СКАНИРОВАНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Под термином «агрессивное сканирование» понимается процесс исследования ИС, при котором происходит блокировка, замедление ее работы, отказ в обслуживании, нарушение или неисполнение функций, проникновение во внутреннюю часть корпоративной информационной системы, доступ к БД, конфиденциальной информации и ее компрометация. Целями агрессивного сканирования могут являться:

1. Обнаружение уязвимостей информационной системы и механизмов преодоления межсетевых экранов, тестирование на проникновение — пен-тест (англ. Pentest).
2. Получение скрытого доступа к управлению информационной системой.
3. Незаконное получение информации: паролей, конфиденциальной информации, доступа к базам данных, приложениям.
4. Внедрение эксплойтов и программ удаленного доступа или удаленного управления.
5. Компрометация системы информационной безопасности.

Для сканирования может использоваться специальное программное обеспечение (сканеры) [2]. В том случае, если сканеры применяются несанкционированно с применением агрессивных методов исследования ИС, такие действия рассматриваются администраторами безопасности как атаки на ИС. Это требует принятия определенных мер противодействия и защиты ИС. В работе будут рассмотрены технологии исследования и аудита ИС, определены признаки агрессивного сканирования, исследованы технологии сканирования и разработана методика противодействия исследованию ИС на примере портального решения.

Литература

1. **Туманов С.А.** Средства тестирования информационной системы на проникновение. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tusur.ru/filearchive/reports-magazine/2015-36-2/14.pdf>.
2. **Тумоян Е.П., Кавчук Д.А.** Метод оптимизации автоматической проверки уязвимостей удаленных информационных систем // Безопасность информационных технологий. 2013. №. 1. С. 25—30.

СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В PDF ДОКУМЕНТАХ

Историей подтверждено, что основным предметом перехвата являлась информация, которой обмениваются стороны. Несмотря на то, что шифрование обеспечивает сокрытие содержимого сообщения, сам факт передачи зашифрованного сообщения не может быть сокрыт от третьей стороны. Таким образом, появилась необходимость в разработке алгоритмов, которые выполняют задачу сокрытия самого факта существования и передачи информации. Стеганография обеспечивает сокрытие передаваемой информации, что в сочетании с шифрованием [1], является мощным инструментом защиты информации. На сегодняшний день один из наиболее известных и популярных форматов передачи документа — это формат PDF.

В данной работе предлагается использовать алгоритм в самом блоке данных (obj данные) [2], где данные представлены в шестнадцатеричной системе счисления, затем используется алгоритм «ZigZagorder» [3] т.е. данные представлены в виде квадратной двумерной матрицы, элементы которой преобразуются в одномерную последовательность с фиксированной длиной элемента. Преобразование происходит слева направо, затем справа налево на следующий уровень и чередуются между собой в соответствии с выражением

$$\sum_{n=b}^{n=b} (|i_n - 1|; |j_n + 1|); \Rightarrow [b + 1] \Rightarrow \sum_{n=b}^{n=b+1} (|i_n + 1|; |j_n - 1|); \Rightarrow b + 1,$$

где $i, j = 0; b = 1; n < p^2, p$ — размерность матрицы.

Каждый элемент преобразуется из шестнадцатеричной в бинарную систему счисления и записывается разрядами двоичного кода, изменяя младший бит в каждом значении, после чего выполняется сложение по модулю два с сообщением в соответствии с выражением

$$C = (t + k) \bmod 255,$$

где C — первоначальный текст; t — секретное сообщение; k — ключ. Предложенный метод может быть использован как для целей скрытой передачи информации, так и для целей защиты авторского права в документах формата pdf за счет скрытой маркировки стегоконтейнера.

При этом стегоконтейнер представляется в виде информационной последовательности, в которой «прячется» сообщение. Сообщение может быть использовано в качестве метки автора или просто нести скрытую информацию. Такая идея является новой и требует проверки на различных PDF документах как с графической информацией, так и с текстовой.

Литература

1. Грибунин В.Г. Цифровая стеганография. М.: Солон-Пресс, 2002.
2. Overview of PDF format. [Электронный ресурс]. URL: <http://qoo.by/DTv>
3. Zig Zag Ordering. [Электронный ресурс]. URL: <http://home.elka.pw.edu.pl>

М.А. Старовойтов, О.Д. Бабенко, Н.А. Умпирович, студенты;
рук. А.А. Пеньков, к.т.н., доц. (Филиал МЭИ в г. Смоленске)

РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОГО УСТРОЙСТВА СИСТЕМЫ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ

В современном мире системы с элементами инерциальной навигации постепенно занимают все больше места. Они используются в устройствах мобильной связи, малых и средних БПЛА, при автоматизации общественного транспорта и для других применений [1].

Разделение на модули устройства инерциальной навигации позволяет сделать его более универсальным. Изменяя количество различных дополнительных датчиков, пользователь может перестраивать всю систему для выполнения разнотипных задач. При выходе из строя одного из блоков или появлении новой версии блока пользователю нет необходимости менять устройство целиком, заменяется всего одна его часть.

Целью работы является создание модульного устройства системы инерциальной навигации на основе структуры, изображенной на рис. 1.

На данный момент завершены разработка печатных плат нескольких модулей устройства: основной модуль устройства, модуль 9-осевого датчика позиционирования в пространстве и дополнительный модуль, в состав которого входит GPS/ГЛОНАСС приемник и керамическая patch-антенна. Система управления основана на микроконтроллере серии TMS320C283xx, который позволит взаимодействовать с достаточно большим количеством дополнительных модулей, поддерживающих различные интерфейсы коммуникации (например: SPI, I²C, UART, CAN).

Одной из основных проблем при создании модульных систем инерциальной навигации является написание программного обеспечения, которое сможет подстраиваться под изменение подключаемых модулей. Частично преодолеть эту проблему можно за счет создания набора независимых друг от друга библиотек, позволяющих совмещать дополнительные модули с системой управления.

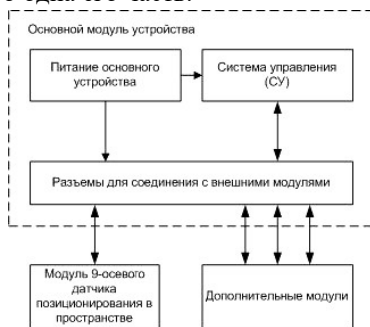


Рис. 1. Структурная схема модульной системы инерциальной навигации

Литература

1. Salychev Oleg. Applied Inertial Navigation: Problems and Solutions. М.: BMSTU Press, 2004.

Р.А. Сюбаев, студ.; рук. А.С. Минзов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТРАТ НА СЕРТИФИКАЦИЮ СМИБ ПО ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001

ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001 определяет процессы разработки, внедрения, функционирования, мониторинга, анализа, поддержки и улучшения системы менеджмента информационной безопасности (СМИБ) [1].

Сертификацию по данному ГОСТ необходимо проходить компаниям, которые применяют этот стандарт и чья деятельность связана с обработкой информации, не относящейся к государственной и служебной тайне, а также к персональным данным. Нарушение ее доступности, конфиденциальности, целостности может привести как к финансовым, так и к репутационным потерям компании.

В большинстве случаев затраты на сертификацию рассчитываются для каждой компании в отдельности и заранее неизвестны, так как данный стандарт дает приблизительные рекомендации, но не дает точные решения для должного обеспечения ИБ. Это создает проблему контролирования бюджета компании при сертификации, так как реализация сертификации и применение решений не регламентируются, а могут вызвать лишние затраты компании. В работе ставится задача структурировать этот процесс и получить универсальную модель оценки затрат для большинства организаций. Планируется проанализировать затраты ресурсов: временные, финансовые, людские и др. на каждом этапе проведения сертификации и оформления обязательных документов в соответствии с требованиями стандарта [2, 3]. Главная цель исследования — это разработка модели, которая позволит унифицировать процесс сертификации для разных компаний вне зависимости от количества сотрудников, состояния системы ИБ, требований заказчика к уровню защищенности ИС, масштабов деятельности компании и других факторов. Тем самым модель затрат даст возможность получать объективную оценку затрат на сертификацию по ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001 для конкретной организации.

Литература

1. **ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001—2006.** Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасностью.

2. **Как сделать** проект по ISO 27001 и получить сертификат. Методические рекомендации. [Электронный ресурс] // URL: http://it-task.ru/images/prez/Metodicheskie_rekomendacii.pdf (дата обращения: 13.10.2016).

3. **List of mandatory documents required by ISO 27001 (2013 revision).** [Электронный ресурс] // сайт <http://advisera.com/27001academy/> URL: <http://advisera.com/27001academy/knowledgebase/list-of-mandatory-documents-required-by-iso-27001-2013-revision/> (дата обращения: 13.10.2016).

*А.В. Теплов, студ.; рук. Е.В. Найдёнов, асс.
(Филиал МЭИ в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО СТЕНДА С ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМОЙ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

В настоящее время большое распространение приобретают системы человеко-машинного взаимодействия. Они находят свое применение в сфере торговли, социальных услуг и образования. Одним из способов использования подобных систем в образовательном процессе могут являться интерактивные методы обучения.

Известные типы устройств, предназначенных для интерактивного представления учебной информации, представленные на рынке, имеют высокую стоимость, а также содержат ряд требований к качественному аппаратно-программному обслуживанию [1]. При этом финансирование большинства образовательных учреждений не позволяет в достаточном количестве приобретать необходимые в образовательных целях наборы устройств с функциями человек-машинного взаимодействия.

Для решения описанной задачи предлагается разработка бюджетного миниатюрного стенда с функциями интерактивного управления. Основным функциональным блоком, обеспечивающим человеко-машинное взаимодействие, может выступать система технического зрения, которая будет осуществлять захват движений кистей рук пользователя.

Центральным компонентом разрабатываемого устройства является блок обработки данных. Другим важным узлом нового устройства является система технического зрения [2]. Для придания разрабатываемому устройству портативности будет использован блок батарейного питания. Вывод, а также ввод данных будет осуществляться посредством сенсорного дисплея с возможностью подключения дополнительных периферийных устройств.

Для разрабатываемого устройства было также создано программное обеспечение, осуществляющее поиск и идентификацию жестов, даны описания программных модулей и алгоритмов обработки видеосигнала, полученного с системы технического зрения.

Литература

1. **Albers M.J., Mazur M.B.** Content and complexity: information design in technical communication. Routledge, 2014. 380 p.
2. **Якименко Ю.И., Найдёнов Е.В.** Алгоритм сопоставления изображения в системах технического зрения // Сборник трудов IV Международной научно-технической конференции «Энергетика, Информатика, Инновации—2014». Филиал НИУ МЭИ в г. Смоленске, 2014. Смоленск: Издательство «Универсум». Т. 1. С. 490—494.

Н.В. Черникова, студ.; рук. Р.Я. Панцыр, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ АКУСТОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ КАНАЛОВ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ И ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К МЕТОДАМ И СРЕДСТВАМ ИХ ВЫЯВЛЕНИЯ

Известно, что любой отражающий (рассеивающий) электромагнитное излучение объект может быть источником вторичного излучения. Для этого его необходимо облучить внешним высокочастотным электромагнитным полем. Такие объекты становятся вторичными излучателями, и часть рассеянной ими энергии может быть принята приемником станции, уровень сигнала на входе которого прямо пропорционален эффективной площади рассеяния вторичного излучателя, которая определяет отражающую способность объекта и зависит от его электрических свойств, геометрических размеров и ориентации в пространстве [1]. Периодическое изменение какого-либо из этих параметров приводит к амплитудной модуляции отраженного сигнала. На этом физическом эффекте и основана потенциальная возможность прослушивания акустической информации из защищаемых помещений за счет высокочастотного облучения.

Анализ опубликованных в открытой печати методов выявления демаскирующих признаков присутствия в помещении или техническом средстве вторичных излучателей позволяет сделать выводы о том, что ни один из них не решает задачу выявления демаскирующих признаков и локализации эндовибраторов в комплексе, не позволяет однозначно определить взаимосвязь между изменениями демаскирующих признаков отраженного сигнала и перехватываемой информацией, а также определить основные требования к технике поиска.

Работа посвящена анализу демаскирующих признаков акустопараметрических отражателей, предназначенных только для перехвата речевой информации, методике их выявления энергетическим, пространственным и корреляционным методами, локализации источника вторичного излучения в защищаемых помещениях, а также обоснованию требований к техническим средствам и оборудованию для их выявления.

Литература

1. Зырянов Ю.Т., Белоусов О.А., Федонин П.А. Основы радиотехнических систем. Издательство ФГБУ ВПО «ТТГУ», 2011.

М.В. Шапкин, студ.; рук. А.С. Минзов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ ВРЕДНОСНЫХ ПРОГРАММ

На сегодняшний момент мы столкнулись с такой проблемой, что любой пользователь, не обладающий какими-то специальными знаниями, может воспользоваться программой для написания вредоносного кода. Такие программы могут генерировать вредоносный программный код под разные операционные системы и даже обходить элементарные средства защиты [1, 2].

Как показывает практика, большинство из этих программ открытого распространения, и их использование может принести значительный ущерб.

В связи со сложившейся ситуацией встал вопрос об актуальности исследования подобного программного обеспечения и нахождение способов противодействия генерируемому ими вредоносного кода.

Для достижения поставленной цели будут решены следующие задачи:

1. Выявление основных целей создания таких программных средств.
2. Анализ существующих программных средств разработки вредоносных программ.
3. Анализ способа распространения программ-генераторов вредоносного кода.
4. Анализ последствий применения средств разработки вредоносных программ.

Данные результаты исследования могут найти практическое применение при подготовке специалистов информационной безопасности, в настройках сетевого оборудования и систем обнаружения вторжений, а также при решении научных и других задач.

Литература

1. **Казарин О.В.** Методология защиты программного обеспечения. М.: МЦНМО, 2009. 464 с.

2. **Казарин О.В., Тарасов А.А.** Современные концепции кибербезопасности ведущих зарубежных государств// Вестник РГГУ. Серия «Информатика. Защита информации. Математика». 2013. №15. С. 58—74.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СОЗДАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ СИБ ПО ЗАЩИТЕ КОММЕРЧЕСКОЙ ТАЙНЫ В КОНЦЕПЦИИ COBIT 5.0

Защита коммерческой тайны на предприятии составляет одну из важнейших задач не только бизнес-подразделений, но и ИТ-департамента. В соответствии с Федеральным законом [2], меры по охране конфиденциальности коммерческой тайны должны исключать неавторизованный доступ к информации, составляющей коммерческую тайну, и обеспечивать возможность использования данной информации при работе с ней без нарушения режима коммерческой тайны.

В Российской практике не существует на данный момент универсальных четких рекомендаций по обеспечению должного уровня безопасности информации, составляющей коммерческую тайну, в то время как международное информационное сообщество идет по пути обобщения и объединения лучших практик в области управления ИТ и информационной безопасности. Одним из достижений данного тренда является фреймворк COBIT, разработанный Международной ассоциацией ISACA, который представляет собой пакет международных, национальных стандартов и руководств, объединяющий лучшее из разнообразных технических стандартов, а также из опыта и практических требований.

В работе рассматривается возможность создания и управления системной информационной безопасности по защите коммерческой тайны, основанной на целях и принципах, изложенных в спецификации COBIT по информационной безопасности. В рамках изучения данного вопроса будут смоделированы процессы управления ИБ по ступеням, определенным настоящим стандартом: стратегии, политики, стандарты и процедуры. При этом процессы моделируются на основе пяти основных принципов, определенных стандартом [1]: учет потребностей заинтересованных сторон; полное покрытие процессов предприятия; применение целостного подхода; применение единого интегрированного фреймворка; разделение власти и управления.

Литература

1. **COBIT 5 for Information Security**. ISACA, 2012.
2. **Федеральный закон** «О коммерческой тайне» от 29.07.2004 № 98-ФЗ.

Направление
ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОНОМИКА
ПРЕДПРИЯТИЙ

Научный руководитель направления —
директор ИПЭЭф, к.т.н., доцент С.В. Захаров

СЕКЦИЯ 31

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА

*Председатель секции — зав. каф. ЭПП, к.т.н.,
профессор С.А. Цырук
Секретарь секции — аспирант Е.А. Ландырева*

*A. Zakharova, post-grad. stud.; supervisor S. Yanchenko, Ph.D.
(NRU «MPEI», Moscow)*

DERATING OF THE TRANSFORMERS SUPPLYING NON-LINEAR LOADS

Harmonic current flows through the network impedance cause a non-sinusoidal voltage drop. Therefore non-linear loads lead to the operation of transformers under non-sinusoidal provisions and, consequently, to the growth of load losses. This gives rise to the temperature increase in different parts of the transformer leading to insulation breakdown. Manufacturers and energy consumers understand the importance of this phenomenon thereby developing a procedure to prevent it and improve the safety of power systems.

To achieve this, the most common method is derating of transformers. When a transformer supplies non-linear loads, it is necessary to decrease its rated load for safe operation. Transformer derating methods are classified into four groups: IEEE recommended methods, analytical, experimental, finite elements methods (FEM). All these methods have advantages and disadvantages [1].

As an improved alternate to the calculation of aforementioned methods, a derating approach based on wide-band measurement of winding resistance is described. The principle of method consists in determining the losses of the transformer premised on the experimental measurements of the frequency characteristics of its input impedance. Multiplying the measured frequency value of the resistance and the square of the corresponding harmonic current spectrum of the non-linear load will allow to calculate the transformer losses under non-sinusoidal mode. The measurement can be performed whether the transformer is deenergized or energized, and energized transformers can be measured in any condition (both no load and full load). The knowledge of transformer winding design is not needed [2].

In order to conduct this research, a number of problems should be solved. At first, the measurement instrumentation for assessing the line impedance, needs to be developed. Secondly, to illustrate and validate this method, the transformer with a known winding design should be measured and the results of suggested method should be compared with the derating value provided by existing theoretical analysis. The successful completion of all these steps will allow to propose a method of effective transformer derating.

References

1. **Derating** of transformers under non-linear load current and non-sinusoidal voltage – an overview / J. Faiz et al. // IET Electric Power Applications. Jan. 2015. Vol. 9. No 6. P. 486, 495.
2. **Transformer** derating for harmonic currents: a wide-band measurement approach for energized transformers / A.W. Kelley et al.// IEEE Transactions on Industry Applications. Nov. 1999. Vol. 35. No 6. P. 1450, 1457.

А.С. Бирюкова, студ.; рук. Г.Р. Титова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПРИМЕНЕНИЕ АККУМУЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

В настоящее время в мире окончена разработка программы «План по защите климата 2050», до 2030 года выбросы парниковых газов в атмосферу крупными предприятиями будут сокращены по сравнению с 2014 годом на 20 %.

Основной источник выбросов — электрические станции и автомобильный транспорт. Количество вредных веществ выхлопных газов автомобильного транспорта достигает 70 % общего загрязнения воздуха. В связи с этим, ФЗ-128 [1] предписывает меры по переходу на экологический транспорт, заменив автомобили с двигателем внутреннего сгорания на гибридный или электрический транспорт.

Этот переход требует развития электроэнергетики за счет возобновляемых источников, гидро- и атомной энергетики.

Требование к качеству электроэнергии и надежности систем возрастают. Для снижения потерь в сетях необходимо выравнять график нагрузки потребителей. Эту задачу авторы предлагают решить организацией сети зарядных станций и пунктов быстрого заряда для питания аккумуляторных батарей электрифицированного автотранспорта.

Время заряда аккумулятора варьируется от 30 мин до нескольких часов в зависимости от мощности зарядного устройства. Существуют три вида зарядных устройств: 1) медленная зарядка (до 3 кВт) заряжает в течение 6—8 часов; 2) быстрая зарядка (7—22 кВт) обеспечивает полный заряд аккумулятора за 3—4 часа; 3) экспресс-зарядка [подвид быстрой зарядки (43—50 кВт)], которая сможет зарядить аккумулятор до 80 % примерно за 30 минут.

По мнению авторов, приоритетной является медленная зарядка, соответственно рациональное время для заряда — ночное, когда потребность в транспорте и загруженность энергетической системы минимальны, что позволит выравнять графики нагрузки энергосистемы.

Пиковые нагрузки в жилых микрорайонах приходятся на утренние и вечерние часы. Использование аккумуляторных станций совместно с трансформаторными подстанциями жилого сектора позволят выравнять график нагрузки на 15—20 %. Равномерное энергопотребление в свою очередь приведет к снижению потерь электрической энергии на 5—7 % и повысит надежность электроснабжения потребителя.

Литература

1. **Федеральный закон** № 128 «О ратификации Киотского протокола к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата» от 04.11.2004.

М.С. Казанов, асп.; рук. А.В. Кондратьев, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ВНЕДРЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

Технико-экономическое обоснование является неотъемлемой частью оценки целесообразности реализации проектов внедрения локальных источников питания (ЛИП) и распределенной генерации (РГ) в системы электроснабжения (СЭС) объектов и рациональности организации подключения и режима работы распределенных систем.

Предложенная модель оценки технического и технологического эффекта представляет собой анализ соблюдения основных требований к функциональности системы электроснабжения по [1]: качества, живучести, надежности и экономичности. Проводится оценка натуральных показателей воздействия Y_i , определяемых стоимостями мероприятий по устранению негативных последствий от нарушения функционирования системы в результате отклонения рассматриваемых параметров. В качестве весовых коэффициентов b_i при интегральном учете показателей используются сравнительные «отклики» системы при изменении параметров режимов электроснабжения при внедрении локальных источников энергии при известных характеристиках централизованного электроснабжения. Результирующая ступенчатая схема построения методики с учетом оцениваемых факторов и показателей приведена в табл. 1.

Таблица 1

Схема оценки технического эффекта внедрения ЛИП и РГ

Показатель	Качество	Живучесть	Надежность	Экономичность
	Отклонения напряжения и частоты	Параметры аварийных режимов	Комплексные показатели надежности	Показатели энергоэффективности
b_i	Компенсируемая реактивная мощность	Токи трехфазного КЗ	Коэффициент готовности системы	Потери активной энергии
Y_i	Потребление реактивной энергии	Мероприятия по устр. последствия КЗ	Потери от внезапных перерывов ЭС	Стоимость потерь

Результатом оценки является комплексный безразмерный показатель, отражающий интегральный уровень влияния ЛИП и РГ на параметры режимов СЭС с учетом производимого экономического эффекта.

Литература

1. **Веников В.А., Кондратьев А.В.** Переходные электромеханические процессы в электрических системах: учебник. — 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1985. 536 с., ил.

Д.В. Корчагин, студ.; И.М. Хевсуриани, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ВЫБОР СИСТЕМЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ЭКРАНОВ КАБЕЛЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА 6—35 КВ

В настоящее время для передачи электроэнергии большое распространение получают однофазные кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена. Высокий уровень напряжения токопроводящей жилы кабеля приводит к необходимости использования металлического экрана, основным назначением которого является устранение электрического поля на поверхности кабеля. Для снижения напряжения на экране выполняется его заземление.

Существует три основных вида систем заземления экранов: заземление с двух сторон (замкнутая система), заземление с одной стороны (разомкнутая система), транспозиция экранов.

Препятствием для применения двухстороннего заземления являются дополнительные потери мощности в экране и соответственно уменьшение пропускной способности кабельной линии, а для одностороннего заземления и транспозиции — наводимое напряжение на экране кабеля.

Исследование заключается в рассмотрении всех вариантов заземления экранов при расчете сечения токопроводящей жилы. Увеличение пропускной способности кабеля за счет заземления экранов позволит уменьшить выбранное сечение жилы и сэкономить на его цене. Но предусматриваются и другие способы увеличения пропускной способности, основывающиеся на рационализации теплового режима.

Мной будет рассмотрена экономическая целесообразность выбора сечения кабельной линии и борьбы с потерями в экранах. Соотношение паразитных и неизбежных потерь в однофазных кабелях является важным критерием для обоснованного выбора способа соединения их экранов. Указанное соотношение никак не зависит от длины кабеля, и поэтому получается так, что при заданном типе однофазных кабелей и способе их прокладки специальные мероприятия по борьбе с токами в экранах одинаково необходимы и для коротких кабелей, и для кабелей большой длины. Вместе с тем ясно, что затраты на реализацию мероприятий по борьбе с потерями в экранах могут быть ощутимы по сравнению со стоимостью короткого кабеля, но пренебрежимо малы на фоне цены длинного кабеля. Поэтому мной будут введены дополнительные критерии выбора способа соединения экранов, которые учитывали бы экономические аспекты [1].

Литература

1. **Дмитриев М.В.** Заземление экранов однофазных силовых кабелей 6—500 кВ. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010.

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ РЕСПУБЛИКИ ИНГУШЕТИЯ

Энергосистема Ингушетии является дефицитной по тепловой и электрической энергии из-за отсутствия собственных генерирующих мощностей. Недостаток мощностей в горных районах республики приводит к концентрации населения в городах, что тормозит развитие традиционного промышленного и сельскохозяйственного производства.

Республика Ингушетия располагает значительными запасами гидроэнергетики малых рек, достаточным количеством природного газа для функционирования муниципальных котельных в регионе, потенциалом солнечной и геотермальной энергетики.

В концепции развития Ингушетии заложен рост «зеленой» энергетики, как необходимость сохранения экологической составляющей климатических условий для сохранения природной среды обитания флоры и фауны.

Современные технологии «зеленой» энергетики позволяют использовать ландшафт и природные ресурсы республики для развития сельского хозяйства и местной перерабатывающей промышленности.

Рост инвестиции в мире в отрасль возобновляемой энергетики отражен в табл. 1.

Таблица 1

Ежегодные инвестиции в возобновляемую энергию

Год	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
10 ⁹ \$	130	160	211	257	244	232	270	286
США								

Автор полагает, что использование возобновляемых источников энергии на основе солнечной инсоляции и создания малой гидрогенерации позволит обеспечить электрической энергией высокогорные, труднодоступные поселения численностью от 2 до 200 человек, на которые приходится 85 % территории республики и немного более 5 % населения.

Автор считает, что создание солнечной и малой гидрогенерации мощностью от 1,5 до 500 кВт позволит быстро развивать аграрно-перерабатывающий сектор промышленного производства, обеспечит рабочими местами быстрорастущее население республики и позволит создать современные жилищные условия на 85 % территории республики, снизив стоимость строительства и содержания жилых и производственных зданий и сооружений, построенных с учетом стандартов «зеленой» энергетики.

ОСОБЕННОСТИ РЕЗИСТИВНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ В СЕТЯХ 6—35 КВ

Выбор способа заземления нейтрали в сети 6—35 кВ является исключительно важным вопросом при проектировании, эксплуатации и реконструкции конкретных электрических распределительных сетей. Все большее применение находит низкоомное и высокоомное резистивное заземление нейтрали. Высокоомное заземление выполняется с целью обеспечения длительной работы сети с однофазным замыканием на землю (на время поиска и отключения поврежденного присоединения оперативным персоналом) без перенапряжений и феррорезонансных явлений. Низкоомный резистор обеспечивает возможность построения селективных защит от замыканий на землю. В настоящее время существует множество наименований как низкоомных, так и высокоомных резисторов с различными техническими характеристиками. Сравнение некоторых из них представлено в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение характеристик заземляющих резисторов различных марок

Наименование	Сопротивление, Ом	$U_{\text{ном}}$, кВ	Ток резистора, А	Максимальная допустимая температура, °С	Время работы в режиме ОЗЗ, с
NER (ЕГЕ-Энерган)	14,4—150	10	40—400	115	5—10
РЗ («Болид»)	150	10	40	120	15
ANG («Avtron»)	10—250	13,8	100—1200	760	10
MRD-BJ («MINGRUI»)	6,06—15,16	10	400—1000	610	10

Важнейшей задачей повышения надежности заземляющих резисторов, является увеличение их термической стойкости. Как видно из табл. 1, резисторы способны выдерживать ток однофазного замыкания на землю лишь в течение небольшого промежутка времени. Если однофазное замыкание на землю по каким-либо причинам не будет отключено, резистор разрушится, создавая аварийную ситуацию и угрозу жизни обслуживающего персонала. Одним из вариантов решения этой проблемы может стать использование в качестве резистора дополнительного контура заземления, обладающего практически неограниченной энергоемкостью и безопасного для людей.

Ф.Н. Низамов, студ.; рук. С.С. Бодрухина, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ОАХК «БАРКИ ТОЧИК»

Электрическая энергия как товар используется во всех сферах жизнедеятельности человека, обладает совокупностью специфических свойств и непосредственно участвует при создании других видов продукции, влияя на их качество. Под качеством электрической энергии (КЭ) понимается степень соответствия характеристик электрической энергии в данной точке электрической системы совокупности нормированных показателей КЭ.

В июле 2015 года для определения уровня электромагнитных помех в электрических сетях ОАО «Турсунзадевские электрические сети» был проведен инструментальный контроль КЭ в двух точках на подстанции «Равшан-220/35/10 кВ» с помощью измерительных средств типа Ресурс – UF2M. Длительность наблюдения в каждой точке — не менее суток. При контроле КЭ в электрических сетях особое внимание обращалось на следующие показатели КЭ (ПКЭ): Δf , δU , K_U , $K_{U(n)}$ и другие. Результаты измерений показали, что практически во всех точках измерения наблюдаются нарушения ПКЭ по сравнению с нормативным документом [1].

Замеры показали, что отклонение напряжения находится в пределах допустимого значения (положительное отклонение напряжение равно $\delta U_{(+)} = 6,2\%$, что в пределах стандартного нормируемого значения). Однако оценка отклонения напряжения на шинах 0,4 кВ показала, что потери напряжения выше допустимого значения.

Анализ результатов измерений гармонических составляющих $K_{U(n)}$ показал, что гармоники 3, 7, 11, 13, 23, 25, 29, 35-го порядка превышают допустимые значения. Спектр гармоник характерен для работы 12-пульсного преобразователя.

Также по результатам измерения были зафиксированы *провалы напряжения и колебания напряжения*.

Проведенный инструментальный контроль КЭ показал нарушение некоторых ПКЭ и целесообразность разработки ряда мероприятий для обеспечения КЭ.

Литература

1. ГОСТ 32144—2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ-2014.

Д.А. Рыбаков, студ.; рук. С.С. Бодрухина, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ДУГОВАЯ ЗАЩИТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ФОТОТИРИСТОРОВ

Различное оборудование (в рассматриваемом случае КРУ), по мере его сложности выполнения и степени ответственности, необходимо защищать от ненормальных режимов (короткие, замыкания, перегрузки). Защита, которая предотвращает появление электрической дуги, называется «дуговая защита» и имеет несколько исполнений, одно из которых заключается в использовании фототиристоров.

Фототиристор — оптоэлектронный прибор, имеющий структуру, схожую со структурой обычного тиристора и отличающуюся от последнего тем, что включается не напряжением, а светом, освещающим затвор. В основе принципа действия фототиристора лежит явление генерации носителей заряда в полупроводнике, точнее в *p-n*-переходе находящемся под воздействием светового потока. Основное достоинство фототиристоров — способность переключать значительные токи и напряжения слабыми световыми сигналами [1].

Дуговая защита на фототиристорах выполняется следующим способом. На секции КРУ фототиристоры дуговой защиты устанавливаются по два, смотрящих в противоположные стороны, на одном кронштейне в линейном (кабельном) отсеке и отсеке выключателя (трансформатора напряжения и т.д.) в зависимости от применяемой конструкции КРУ. Фототиристоры устанавливаются таким образом, чтобы просматривался защищаемый отсек. Фототиристоры различных отсеков, кроме отсека сборных шин, при возникновении открытой электрической дуги выдают сигнал на отключение генерирующих источников или собственного выключателя.

Для защиты отсека сборных шин фототиристоры устанавливаются, начиная со второго шкафа, далее — через два шкафа на третьем. При возникновении короткого замыкания в отсеке сборных шин срабатывают фототиристоры и по цепям дуговой защиты подают сигнал на отключение вводного и секционного выключателя с блокировкой по току и напряжению. Все фототиристоры отсека сборных шин подключаются к шинкам дуговой защиты параллельно [2].

Литература

1. Юшин А.М. Оптоэлектронные приборы и их зарубежные аналоги: Справочник. М.: РадиоСофт. 2004.
2. Нагай В.И. Релейная защита ответственных подстанций электрических сетей. Энергоатомиздат, 2002. 312 с.

М.М. Чернов, Д.А. Березин, Д.А. Рыбаков, студенты;
рук. Ю.В. Зайцев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СВЕТОВОЕ ПАННО

Световые панно используются как элементы интерьера, позволяющие создать комфортное освещение небольшой интенсивности в производственных и жилых помещениях. В настоящее время световые панно используются в основном в декоративных целях для создания небольшого комфортного освещения.

Светодиодные панно состоят из множества светодиодов, имеющих разнообразные расцветки, они подключены к контроллеру, который реализует различные режимы работы светодиодов, начиная от быстрого мерцания и заканчивая плавным переходом из одного режима в другой.



Рис. 1. Внешний вид панно

Светодиодные панно обладают приятным мягким свечением, имеют малое потребление электроэнергии. При длительном использовании таких панно не возникнет никаких проблем, поскольку срок службы светодиодов намного больше, чем у ламп накаливания. Если спустя некоторое время один из светодиодов перегорит, панно продолжает функционировать, благодаря большому числу светодиодов в панно.

Разработано световое панно с более широкими функциональными возможностями — наряду с созданием заданного светового потока оно может быть использовано для коррекции и восстановления зрения, что обеспечивается специальной системой светодиодов с контроллером для их последовательного переключения по разработанной программе.

Внешний вид многофункционального светового панно показан на рис. 1.

При последовательном переключении светодиодов по заданной программе (кругом по часовой стрелке и обратно, вертикально и горизонтально и т.п.), пациент переводит свой взгляд с одного светодиода на другой и тем самым тренирует глазные мышцы. Так последовательно проводятся 10—12 упражнений по заданной программе.

Итак, разработанное световое панно выполняет две функции: первая — это локальное освещение в качестве элемента интерьера, вторая — лечебный тренажер для корректировки и восстановления зрения.

М.М. Чернов, Д.А. Березин, Д.А. Рыбаков студенты;
рук. Ю.В. Зайцев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ЭЛЕКТРОЛАМПЫ С БЕГУЩЕЙ СВЕТОВОЙ ВОЛНОЙ

На сегодняшний день существуют множество видов осветительных систем с различными видами ламп. Для широко используемых осветительных систем характерна ограниченность зоны освещения, невысокая эффективность потребляемой мощности, в результате необходимо устанавливать значительное число электроламп при небольшой протяженности освещаемого объекта [1].

Разработана электролампа с бегущей световой волной (ЛБСВ), элементы ее конструкции приведены на рис. 1.

Разработанная конструкция лампы с бегущей световой волной позволяет существенно увеличить размеры освещаемой поверхности с помощью светодиодных ламп прожекторного типа и вращающегося отражательного элемента (зеркала), создающего интенсивный направленный световой поток.

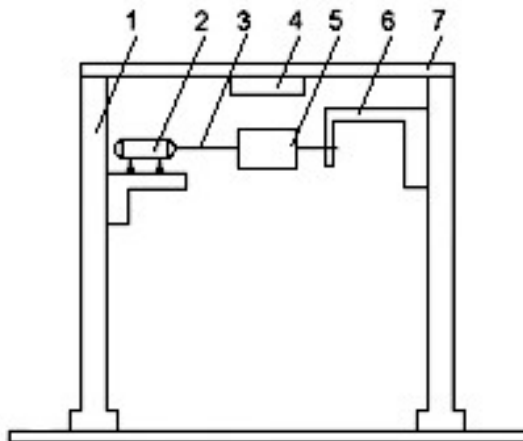


Рис. 1. Конструкции лампы с бегущей световой волной и устройство для ее использования: 1 — стойка; 2 — двигатель; 3 — соединительный трос; 4 — электролампа прожекторного типа; 5 — вращающаяся платформа с зеркалами; 6 — кронштейн крепления платформы; 7 — крышка

Литература

1. **Справочная** книга по светотехнике / Ю.Б. Айзенберг, Ю.Г. Басов, М.М. Гурторов и др. М.: Знак, 2006.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СТОЯНОК

В связи с интенсивной «автомобилизацией» в нашей стране все актуальнее становится проблема хранения и парковки автомобилей. Парковочные территории должны обеспечивать безопасность для транспортных средств и быть как можно менее затратными для эксплуатирующей организации.

Самым главным критерием при проектировании системы освещения подземных стоянок является энергоэффективность. Нашей задачей является снизить затраты на электроэнергию при сохранении необходимого уровня освещенности.

Светоизлучающие диоды (СИД) как твердотельные приборы, работающие при температуре, близкой к комнатной, имеют значительно больший срок службы, чем ЛН и ЛЛ. Еще одно важное отличие СИД – возможность управлять как интенсивностью, так и спектром излучения [1].

Поэтому считается, что светодиодные светильники (или LED светильники — Light Emitting Diode — светоизлучающий диод), выполненные на базе СИД, — самый оптимальный вариант для освещения подземных парковок. Они просты в установке и готовы к работе в любое время. А современные технологии, используемые при освещении, в совокупности со светодиодными светильниками позволяют снизить энергопотребление и обеспечить гибкое управление освещением. Долговечность и низкие расходы на техническое обслуживание делают эти светильники весьма привлекательным вариантом для освещения подземных парковок и гаражей.

Благодаря функции диммирования (dimable – способность к регулированию потребляемой прибором нагрузки) и использованию датчиков движения, светодиодные светильники позволяют обеспечить плавную и выборочную регулировку освещения. Работа LED светильников в экономичном режиме (отсутствие транспорта и людей в проездах) осуществляется в пределах 10—15 % номинальной мощности. При появлении объекта в зоне действия датчика движения светильник включается в режиме номинальной мощности 100 %. Задержка на возврат в экономичный режим регулируется в датчике в диапазоне от 10 с до 6 мин.

Таким образом, применение светодиодных светильников с функцией диммирования позволяет сэкономить до 85 % затрат на электроэнергию в зависимости от режима работы подземной стоянки.

Литература

1. **Гвоздев С.М., Панфилов Д.И., Романова Т.К.** Энергоэффективное электрическое освещение: учебное пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2013.

В.А. Шведчиков, А.Р. Мугалимова, студенты;
рук. Р.Г. Мугалимов, д.т.н., проф.
(МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Повышение энергоэффективности производства является основной задачей продвижения продукции на рынке. В докладе обсуждаются результаты исследований потерь активной мощности в системе электроснабжения участков флотации медных руд в ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат». Объем производства продукции ОАО «УГОК» составляет 6—6,3 млн. т в год.

Установленная мощность асинхронных электроприводов флотационных машин и насосов составляет 38—40 МВт. Электропривод механизмов — нерегулируемый на основе традиционных асинхронных двигателей (ТАД): мощность 30—45 кВт, частота вращения 750, 1500 об/мин, средневзвешенный коэффициент мощности $\cos\varphi = 0,8 \div 0,85$. В «МГТУ им. Г.И. Носова», ООО «НИОКБ Энергосбережение», ООО «МГТУ-Энергосбережение +» разработана, исследована, испытана и внедрена технология создания энергоэффективных асинхронных двигателей (ЭАД) путем индивидуальной компенсации реактивной мощности двигателя, $\cos\varphi = 1,0$ [1]. В работе исследовали потери активной мощности электроприводов на основе ТАД и ЭАД. На рис. 1 приведен график уменьшения потерь активной мощности при использовании электроприводов на основе ЭАД.

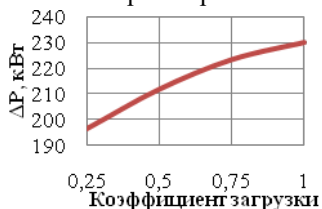


Рис. 1. Потери активной мощности от коэффициента загрузки электродвигателей

Потери активной мощности от применения ТАД и ЭАД определяли разницей $\Delta P = P_{1ТАД} - P_{1ЭАД}$, где $P_{1ТАД}$, $P_{1ЭАД}$ — потребляемые мощности вариантов электродвигателей. Исследование показало, что уменьшение потерь активной мощности в диапазоне загрузки электродвигателей 0,75÷1,0 составляет 195—225 кВт. Это эквивалентно экономии электроэнергии 1,8—1,9 млн кВт/ч.

Литература

1. Мугалимов Р.Г. Асинхронные двигатели с индивидуальной компенсацией реактивной мощности и электроприводы на их основе: Монография. Магнитогорск: МГТУ. 2011. 250 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

В настоящее время структура промышленных отраслей Чеченской Республики, непосредственно связанных с топливно-энергетическим комплексом, имеет в основном сырьевую направленность. Дальнейшее развитие всего промышленного комплекса требует увеличения объемов выработки электрической энергии как для промышленности, так и для сельского хозяйства.



Рис. 1. Динамика электропотребления в энергосистеме Чеченской Республики за период 2010—2016 г.

С увеличением объемов производства наблюдается рост потребления электрической и тепловой энергии, при этом опережающими темпами растет объем потребления электрической энергии, что отражено на рис. 1.

Электроснабжение Чеченской Республики в настоящее время основано на поставках электроэнергии от электростанций соседних регионов на расстоянии до 800 км, что тормозит развитие региона с уникальными природно-климатическими условиями.

По мнению автора, стратегической задачей развития экономики республики является использование природно-климатических условий для развития электроэнергетики для сельскохозяйственного производства за счет гибридных возобновляемых источников электрической энергии (ГВИЭ) с использованием энергии ветра, солнца и малых горных рек и водопадов [1].

Например, потребность хозяйства с естественным выпасом до 2500 голов скота в электроэнергии составляет от 5 до 15 кВт.

Автор считает, что использование ГВИЭ позволяет использовать местные энергетические ресурсы республики и гарантировать электробезопасность отдаленным потребителям в труднодоступных районах.

Литература

1. **Использование** гидроаккумулирующих агрегатов в энергосистеме Чеченской Республики / И.А. Керимов, М.В. Дебиев, Р.А-М. Магомадов, Х.И. Хамсуркаев // Электронный журнал «Инженерный вестник Дона», ivdon.ru. №1/2012. С. 6.

Секция 32

ЭНЕРГЕТИКА ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ

*Председатель секции — первый проректор,
к.т.н., профессор Т.А. Степанова
Секретарь секции — магистр Е.Ю. Александрова*

*Н.В. Авдокунин, П.И. Бернадинер, Н.Д. Медведева, студенты;
рук. И.М. Бернадинер, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ТКО МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

В России ежегодно производится около 3,8 млрд тонн всех видов отходов. Значительную часть составляют твердые коммунальные отходы (ТКО). Федеральным законом № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» приведено определение ТКО. Решение проблемы экологически чистой и при этом эффективной утилизации ТКО очень важно.

Одним из перспективных методов утилизации ТКО является сжигание отходов. Для его осуществления необходимо иметь информацию о морфологическом составе ТКО.

Мы провели эксперимент, в ходе которого в трех семьях, проживающих в разных точках Московского региона, в течение недели взвешивали мусор, вырабатывающийся в квартире и определяли его морфологический состав. Результаты эксперимента приведены в табл. 1. В среднем в России на человека приходится 300—500 граммов ТКО в сутки, у нас получилось 593 грамма на человека.

Таблица 1

Сравнение результата эксперимента со статистическими данными по России

Компонент, %	Москва	Ногинск	Мытищи	Усредненное значение	Статистические данные по России
Пищевые отходы	59,97	76,05	46,85	60,96	41,00
Бумага	18,31	1,60	11,30	10,40	35,00
Пластмасса	8,23	3,90	26,15	12,76	3,00

Окончание табл. 1

Компонент, %	Москва	Ногинск	Мытищи	Усредненное значение	Статистические данные по России
Стекло	6,00	9,77	7,35	7,71	8,00
Металл	1,23	0,95	0,88	1,02	4,00
Дерево	0,25	0,07	0,31	0,21	9,00
Кости	4,83	6,47	3,60	4,97	
Резина	0,05	0,03	0,30	0,13	
Текстиль	1,13	1,15	3,26	1,84	
Прочее	0,00	0,00	0,00	0,00	
Итого	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Результаты нашего эксперимента достаточно сильно расходятся со статистическими. Это обусловлено короткой продолжительностью и малым количеством семей, участвующих в опытах. Для уточнения результатов нами планируется продолжение экспериментальных исследований.

РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНОГО ЗАВОДА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ МОСКВЫ

Сжигание твердых бытовых отходов (ТБО) — сложный процесс, с одной стороны, требующий значительных капиталовложений, с другой стороны, это современный и наиболее распространенный способ термической утилизации отходов, который при правильной организации процесса позволяет получить одновременно энергетический, экологический и экономический эффект.

Разработана перспективная технологическая схема мусоросжигательного завода переработки ТБО Москвы с предварительной сортировкой, с учетом современных европейских тенденций сжигания отходов, с получением экономической выгоды от продажи вторичных фракций отходов и электрической энергии собственного производства. Разработанная схема мусоросжигательного завода представлена на рис. 1.

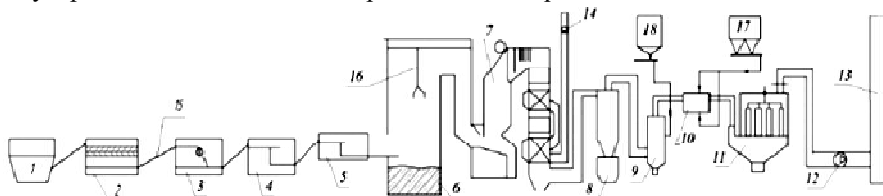


Рис. 1. Схема мусоросжигательного завода: 1 — бункер сбора исходного ТБО; 2 — измельчитель; 3 — магнитный сепаратор черных металлов; 4 — магнитный сепаратор цветных металлов; 5 — устройство оптико-механической сортировки; 6 — бункер сбора отсортированных ТБО; 7 — котел ТП-35У с колосниковой решеткой; 8 — циклонный пылеуловитель; 9 — абсорбер типа СМ; 10 — реактор летучей золы; 11 — тканевый фильтр; 12 — дымосос; 13 — дымовая труба; 14 — вентилятор; 15 — ленточная линия; 16 — подъемный кран; 17 — силос абсорбента; 18 — силос гидрата кальция

Мусоросортировочный комплекс завода позволяет отсортировать из исходного объема 589 тыс. т/год ТБО: 37,13 тыс. т/год пластмасс, 26,52 тыс. т/год стекла, 15,91 тыс. т/год черных и 2,65 тыс. т/год цветных металлов. Прибыль от продажи извлеченного вторичного сырья составляет 270,2 млн руб/год.

Расход ТБО на четыре котлоагрегата ТП-35У после сортировки составляет 511,6 тыс. т/год.

По результатам расчета общий объем ТБО, вывозимых на свалки и полигоны Московской области снизится с 6 до 5,6 млн т/год.

*Е.Ю. Александрова, студ.; рук. И.М. Бернадинер, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОКРЫШЕК В ЦЕМЕНТНОЙ ПЕЧИ

Проблема загрязнения окружающей среды разнообразными веществами в настоящее время приобретает глобальный характер. На сегодняшний день одной из основных задач, актуальных во всем мире, является переработка и утилизация коммунальных и промышленных отходов, в том числе автомобильных покрышек. Общемировые запасы изношенных автошин оцениваются примерно в 100 млн тонн при ежегодном приросте не менее 7 млн тонн.

Накопление и несвоевременный вывоз отходов создает экологическую опасность для населения из-за содержания в них большого количества органических веществ, которые при разложении образуют вредные химические вещества.

В работе рассмотрена проблема утилизации отработанных автопокрышек и способ решения этой проблемы путем использования покрышек в качестве замены части топлива в цементных печах [1,2].

Практически все действующие сегодня цементные предприятия России испытывают трудности из-за постоянно растущих цен на энергоносители, затраты на которые в Российской Федерации составляют 50—57 % себестоимости конечного продукта. Одним из мероприятий, позволяющих снизить затраты на энергоносители, может стать частичная замена традиционного топлива альтернативным.

В работе были проведены расчеты материальных балансов горения топлива и отходов и тепловых балансов вращающейся печи для производства цемента [3]. В результате расчета совместного теплового баланса сжигания автомобильных покрышек и природного газа выявлена зависимость расхода природного газа от доли изношенных покрышек в топливе.

Литература

1. **Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г.** Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология: Справочное издание в 2-х книгах / под ред. В.Г. Лисиенко. М.: Теплотехник, 2004.
2. **Холин И.И.** Справочник по производству цемента. М., 1963.
3. **Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод).** М.: Энергия, 1973.

*Х.Н. Аловадинова, асп.; рук. С.В. Картавец, д.т.н., проф.
(МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ МНЛЗ

Следует отметить, основные затраты энергии на металлургическом предприятии приходятся на производство чугуна и дальнейшую выплавку из него стали, 96 % которой разливается на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) [1]. В настоящее время теплота, отведенная от металла в пределах МНЛЗ, практически не используется и теряется в окружающей среде, несмотря на значительное ее количество.

Основным рабочим узлом МНЛЗ является охлаждаемый кристаллизатор, который можно разделить на две части. В верхней части происходит передача тепла от жидкого металла к охлаждающей воде через стенку. В нижней части кристаллизатора вследствие отхода затвердевшей корочки от стенки происходит теплопередача от затвердевшей корочки к охлаждающей воде через стенку. Интенсивность процесса теплопередачи снижается.

Потери теплоты в кристаллизаторе от жидкой стали можно рассчитать как потери от параллелепипеда исходя из конструкции агрегата. Если учесть толщину корочки 25 мм, то остается только жидкая часть стали в виде усеченной пирамиды (рис. 1).

Расчет приведенной выше схемы показал, что с одной тонны разливаемой стали теряется около 2,87 кг у.т.

Учитывая, что по данным Всемирной ассоциации стали (World Steel Association) только за первое полугодие 2016 г. в России было выплавлено 35 180 тыс. т стали [2], следовательно, в кристаллизаторе МНЛЗ за шесть месяцев было потеряно около 97 тыс. т у.т., или по 8 тыс. т. у.т. в месяц.

На сегодняшний день остро стоит проблема экономичного использования теплоты жидкой стали с целью уменьшения затрат топлива и других энергоносителей, расходуемых в процессе охлаждения. Таким образом, поиск путей использования отведенной в кристаллизаторе МНЛЗ теплоты является важной и актуальной задачей.

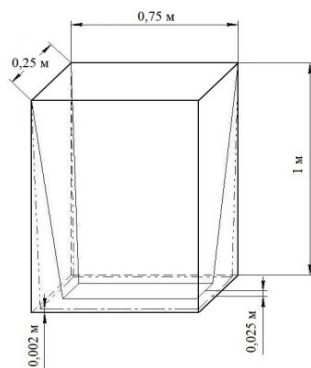


Рис. 1. Схема затвердевания стали в кристаллизаторе МНЛЗ

Литература

1. **Смирнов Н.А.** О перспективных направлениях технологического развития металлургии. *Электromеталлургия*. 2011. № 12. С. 33—35.
2. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.worldsteel.org/statistics/crude-steel-production0.html>.

ПОВЫШЕНИЕ КПД ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ДЕТАНДЕР-ГЕНЕРАТОРА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗБЫТОЧНОЙ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

В настоящее время в России существует тенденция перевода электростанций с твердого на газовое топливо. При этом газ подается по магистралям избыточного давления, превышающее используемое в котельном агрегате значения в несколько раз. Данный перепад устраняется дросселированием без использования запасенной энергии движущегося потока газа. В самом котельном агрегате, ранее работающем на твердом топливе, в отсутствии металлоемкой модернизации хвостовых поверхностей, возникает избыток теплоты (повышение температуры уходящих газов). В моем исследовании предлагается использовать запасенную энергию газа в детандер-генераторной установке с получением дополнительного количества электроэнергии (повышение КПД станции), а для устранения эффекта переохлаждения газа используется избыточная теплота уходящих газов котельных агрегатов в теплообменниках-утилизаторах (промежуточный теплоноситель – сетевая вода).

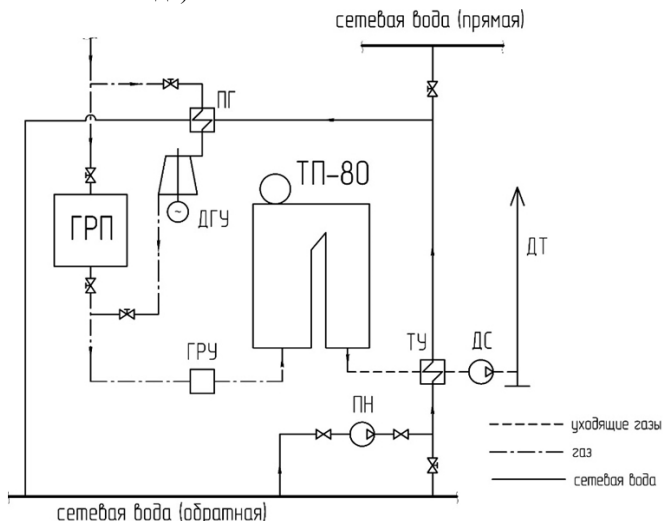


Рис. 1. Принципиальная схема внедрения детандер-генераторной установки с подогревателем газа, использующим избыточную теплоту уходящих газов котлоагрегата ТП-80: ГРП — газорегуляторный пункт; ГРУ — газорегулирующее устройство в пределах котла; ПН — перекачивающий насос; ТУ — теплообменник утилизатор; ДС — дымосос; ДГУ — детандер-генераторная установка; ПГ — подогреватель газа

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ СТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧИ

В современном мире высокотемпературные установки, в том числе и стекловаренные печи, обладают существенным потенциалом энергосбережения. Одним из эффективных направлений энергосбережения является термохимическая регенерация (ТХР) тепловых отходов, базирующаяся на эндотермическом процессе конверсии первичного топлива — природного газа или альтернативных источников энергии, например, биоэтанола. В процессе конверсии первичное топливо перерабатывается во вторичное топливо – синтез-газ, который используется для отопления печи.

Производство и использование биоэтанола как источника энергии можно классифицировать как направление «зеленой» энергетики, которая не приводит к усилению парникового эффекта. Следовательно, замена природного газа на биоэтанол при отоплении высокотемпературных установок даст дополнительный экологический эффект, который может быть усилен путем перехода на тепловые схемы установок с ТХР. Следует отметить, что конверсия биоэтанола возможна при более низких температурах, чем конверсия природного газа, что расширяет возможности энергоэффективного использования термохимической регенерации тепловых отходов.

Цель работы — исследовать энергосберегающие тепловые схемы стекловаренной печи с ТХР на основе конверсии первичного топлива (природного газа, биоэтанола) и оценить эффективность их применения.

В среде Mathcad [1] выполнено исследование совокупности тепловых схем стекловаренной установки с ТХР при различных видах первичного топлива, температуры и состава окислителя для процесса горения синтез-газа. Установлено, что переход от термической к термохимической регенерации теплоты отходящих газов дает существенную экономию первичного топлива. Повышение доли кислорода в окислителе позволяет дополнительно снизить расход топлива на 20 %.

Результаты исследований могут быть использованы при разработке перспективных моделей высокотемпературных установок.

Литература

1. **Попов С.К., Ипполитов В.А.** Решение задач высокотемпературной тепло-технологии в среде Mathcad. М.: Издательский дом МЭИ, 2009. 96 с.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКТОВ ГАЗИФИКАЦИИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА, ПОЛУЧАЕМОГО ИЗ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ (RDF)

Во всем мире одной из наиболее актуальных является проблема рационального управления отходами, так как отходы представляют собой, с одной стороны, главные загрязнители окружающей среды, а с другой, — ценные продукты, потенциально пригодные для переработки и вторичного использования. Одним из современных и наиболее перспективных методов переработки отходов является производство из них альтернативного твердого топлива RDF, которое может быть направлено на газификацию.

По итогам расчета материального и теплового балансов газификации RDF были получены зависимости теплоты сгорания генераторного газа (Q_{gg} , кДж/м³) от доли обогащения дутья кислородом (KO₂) и от коэффициента расхода окислителя (α), представленные на рис. 1 и 2.

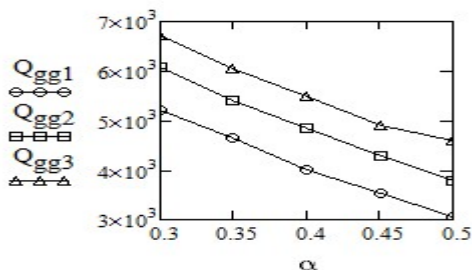


Рис. 1. График зависимостей $Q_{gg} = f(\alpha)$: 1 — KO₂ = 0,21; 2 — KO₂ = 0,3; 3 — KO₂ = 0,4

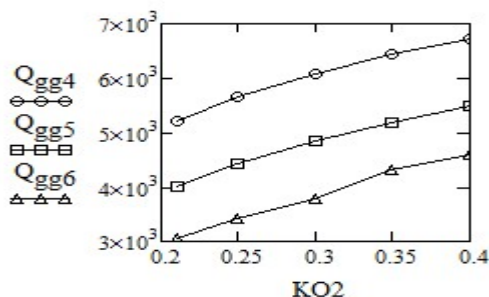


Рис. 2. График зависимостей $Q_{gg} = f(KO_2)$: 4 — α = 0,3; 5 — α = 0,4; 6 — α = 0,5

ПЕРСПЕКТИВЫ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА БАЗЕ ПАРОВОДЯНОЙ КОНВЕРСИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Одним из крупномасштабных способов производства водорода является пароводяная конверсия природного газа (ПВК) с последующей пароводяной конверсией диоксида углерода по реакции сдвига.

Для выяснения состоятельности данного способа производства экологически чистого водорода, который можно будет применять в энергетике и промышленном производстве при отказе от централизованных систем электроснабжения, предлагается провести оценку по объективным энергетическим и экологическим критериям.

Для проведения оценки используется ряд критерий интенсивного энергосбережения [1].

В процессе исследования были определены минимальный расход топлива (в условиях термодинамически идеальной модели — ТДИМ) на производство водорода методом ПВК на уровне $0,327 \text{ м}^3/\text{м}^3(\text{H}_2)$, при этом действующее производство водорода составляет $0,46\text{—}0,51 \text{ м}^3/\text{м}^3(\text{H}_2)$, таким образом, потенциал снижения расхода топлива составляет $28,9\text{—}35,9 \%$.

Дальнейшее повышение энергетической эффективности производства энергосберегающего и экологически эффективного производства водорода возможно на базе комбинирования технологических процессов и комплексного использования природного газа в черной металлургии [2].

В процессе данной работы планируется достижение энергосберегающего производства водорода на базе природного газа, согласующегося с терминологической формулой: «Водородная энергетика – экологически чистая энергетика».

Литература

1. **Ключников А.Д.** Основы теории интенсивного энергосбережения. Конспект лекций: учебное пособие. М.: Издательство МЭИ, 2016. 148 с.
2. **Петин С.Н., Верлан А.В.** Утилизация конвертерного газа с целью получения водорода // Тезисы докладов VIII Международной научно-практической конференции «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии в промышленности. 100 лет отечественного проектирования металлургических печей», 10—12 октября 2016 г. М.: Издательство МИСиС, 2016. С. 316—319.

КОМПЛЕКСНЫЙ СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН: ГАЗИФИКАЦИЯ И ВЫРАБОТКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В современном мире довольно остро стоит проблема утилизации различного рода отходов. Работа посвящена проблеме накопления изношенных автомобильных шин, что актуально в настоящее время в связи с ростом автомобильного парка. Резиносодержащие отходы наносят большой удар экологии страны и всего мира: они не разлагаются, огнеопасны, а при контакте с дождевыми осадками и грунтовыми водами происходит вымывание ряда токсичных органических соединений высокого класса опасности.

Существует достаточно много путей утилизации изношенных шин, им посвящено множество научных трудов. Одни из популярных направлений в нашей стране – это переработка в крошку и пиролиз.

Альтернативный способ использования изношенных шин – их газификация. Он представляет собой процесс термической переработки материала с принудительной подачей газифицирующего агента (кислород, воздух, водяной пар, углекислый газ) с расходом ниже стехиометрического для получения генераторного газа (синтез-газа).

За счет дозирования поступления кислорода процесс контролируется, благодаря чему предотвращается образование опасных соединений, неизбежное при прямом сжигании. Также в отличие от пиролиза покрышек мы избегаем такого полупродукта, как жидкое топливо, вследствие чего не нужно заниматься вопросами сбыта.

Пример структурной схемы газификации покрышек представлен на рис. 1.

Технологическая схема установки создает полное энергообеспечение процесса, а также производит отпуск электроэнергии стороннему потребителю, что подтверждает не только экологическую, но и энергетическую целесообразность данной установки.

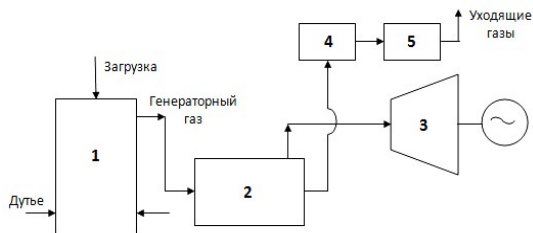


Рис. 1. Структурная схема процесса газификации: 1 — газогенератор; 2 — котел-утилизатор; 3 — турбина; 4 — испарительный скруббер; 5 — рукавный фильтр

*А.В. Герасимова, студ.; рук-ли В.Д. Ванюшкин ст. преп.;
С.Н. Петин, к.т.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСЧЕТОВ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК И ВНЕДРЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МОСКВЫ

Москва – город с самой высокой в мире тепловой нагрузкой. Годовой расход тепла на отопление и вентиляцию жилых зданий составляет около $0,21 \text{ Гкал/м}^2$ в год. Суммарное конечное потребление мегаполиса составляет 31,6 млн т у.т. [1].

В данной работе проводится исследование фактического потребления тепловой энергии отдельными потребителями с целью сравнения фактической тепловой мощности с договорной мощностью, закрепленной за конкретными потребителями. На данный момент исследования наблюдается превышение выделенной тепловой мощности над фактической тепловой нагрузкой на 10—30 % в зависимости от типов потребления и времени года.

Также в работе идет исследование снижения тепловой мощности и на потребление энергии за счет внедрения следующих энергосберегающих мероприятий: утепление ограждающих конструкций зданий и сооружений; реконструкция и автоматизация оборудования центральных тепловых пунктов (ЦТП) внутренних систем теплоснабжения; организация рекуперативного подогрева воздуха за счет тепла отработанного воздуха и др. [2].

На основании проводимого исследования планируется оценка возможного высвобождения тепловой мощности за счет сниженной определяемой фактической нагрузки и за счет внедрения энергосберегающих мероприятий. Также планируется изучение влияния снижения тепловой нагрузки на потери тепловой энергии при ее транспорте и на эффективность работы источников тепловой энергии с оценкой возможных энергосберегающих мероприятий и выборе режимов работы.

Литература

1. **Семь шагов для эффективного энергоменеджмента на предприятии** // Портал об энергосбережении 2009. URL: http://journal.esco.co.ua/cities/2013_6/art61.pdf (дата обращения 13.10.2016).

2. **Данилова О.Л., Костюченко П.А.** Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов. М.: Технопромстрой, 2006. 668 с.

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СИЛИКАТА НАТРИЯ ИЗ СУЛЬФАТНОЙ ШИХТЫ

На сегодняшний день во всем мире основным теплотехнологическим агрегатом для производства силикатных расплавов остается ванная стекловаренная печь (ВСП). Она обладает рядом существенных недостатков, основным из которых является малая интенсивность процесса стеклообразования, что в свою очередь объясняет большие размеры установки, и, следовательно, повышенные капитальные затраты [1].

В ходе выполнения выпускной работы бакалавра мною была рассчитана ванная стекловаренная печь производительностью 300 тонн силиката натрия/сутки, использующая песок и соду в качестве шихтовых материалов. Были определены основные показатели данной установки (табл. 1).

Для устранения указанных недостатков было решено отказаться от использования данного агрегата в пользу кольцевой циклонной камеры с бассейном (КЦК). Исходными материалами для производства силиката натрия в данном случае являются песок и сульфатные отходы [2]. Производительность печи осталось неизменной. Показатели этой установки также приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная таблица основных показателей ВСП и КЦК

Агрегат	$m_{\text{песка}}$ кг/кг с.н.	$m_{\text{сода}}$ кг/кг с.н.	$m_{\text{отходов}}$ кг/кг с.н.	b , кг у.т./кг с.н.	η , %
ВСП	79,383	47,395	-	0,327	31,824
КЦК	86,057	-	73,068	0,387	32,527

Замена ванной стекловаренной печи кольцевой циклонной камерой с бассейном, а также соды сульфатными отходами позволит сократить как капитальные, так и производственные затраты предприятия.

Литература

1. Троянкин Ю.В., Филькова О.В., Смирнов В.М. Конструирование проточной части кольцевых циклонных камер для получения силикатных расплавов // Стекло и керамика. 2002. № 7. С. 9—12.
2. Егоров А.А., Соколов Б.А., Шимкин А.А. Исследование варки высокомолекулярного силиката натрия из сульфатной шихты без использования восстановителя // Стекло и керамика. 2014. № 7. С. 12—15.

В.В. Голубовский, студ.; рук. В.Д. Ванюшкин, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВАННЫХ СТЕКЛОВАРЕННЫХ ПЕЧЕЙ

Общий объем производства стекольной промышленности в Российской Федерации на 2015 год оценивается в 13 млн т. в год, в частности листового стекла — 3,2 млн т. в год, что составляет 25 % общего объема. В 2010 году было произведено 195 млн м², а в 2013 году 225 млн м², что говорит о росте данной промышленности и актуальности проведенного исследования [1].

Основными проблемами, с которыми сталкиваются при производстве листового стекла, является низкая эффективность использования топлива в ваннных стекловаренных печах (ВСП). Данное обстоятельство является следствием значительных тепловых потерь во внешнюю среду с отходящими газами, достигающих до 70 %, а также через наружные ограждения, которые в отдельных установках доходят до 15 % с учетом регенеративного подогревателя воздуха (РВП). При этом коэффициент полезного действия (КПД) использующихся агрегатов варьируется в интервале 15—30 %.

Для того чтобы решить данные проблемы, было проведено расчетное исследование влияния температуры отходящих газов ВСП производительностью 800 тонн в сутки на технико-экономические параметры агрегата при неизменном качестве провара стекла.

Этими показателями стали:

- КПД;
- коэффициент использования топлива (КИТ);
- расход топлива;
- удельный расход топлива ($b_{уд}$);
- габариты печи.

Выполненные расчеты показали оптимальный температурный режим варки стекломассы 1500 °С. В качестве решения для глубокой регенерации теплоты отходящих газов рассмотрены установка котла-утилизатора и турбогенератора. Такое решение позволит полностью обеспечить предприятие электроэнергией на собственные нужды, а избытки реализовывать внешним потребителям.

Литература

1. **Информационно-технический** справочник по наилучшим доступным технологиям. Производство стекла. М.: Бюро НДТ, 2015. 89 с.

И.С. Гордеева, студ.; рук. С.В. Картавцев, д.т.н., проф.
(МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКАТЫШЕЙ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Предыдущими расчетами было установлено, что в установке сухого тушения кокса кокс можно охлаждать следующими сыпучими материалами в верхней камере (форкамере): известняк в количестве 188 кг/т кокса, сидероплезит в количестве 480 кг/т. кокса или окатыши в количестве 348 кг/т кокса. В процессе реакции взаимодействия кокса с каждым из этих материалов выделяется значительное количество оксида углерода (СО) [1]. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Объемы образуемого оксида углерода

Оксид углерода	Известняк	Сидероплезит	Окатыши
СО, кг (м ³)	105,28 (84,22)	229,8 (183,84)	194,88 (155,9)

В связи с этим возникает задача направления использования газов. Монооксид углерода представляет собой ценный восстановительный потенциал, поэтому его можно направить для восстановления окатышей с целью получения высококачественного железа [2].

Таким образом, при восстановлении окатышей оксидом углерода (СО) в количестве 160 г/моль возможно восстановить и получить железо, с учетом степени восстановления. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Масса восстановленного железа

Железо	Известняк	Сидероплезит	Окатыши
Fe, кг	126	275,76	233

Таким образом, в зависимости от соотношения подаваемого оксида углерода возможно восстановить окатыши и получить различное количество высококачественного железа прямого восстановления.

Литература

1. **Гордеева И.С., Картавцев С.В.** Разработка перспективной схемы процесса сухого тушения кокса в аглококсодоменном комплексе (АКД) // Энергетические и электротехнические системы: междунар. сб. науч. трудов. Вып. 2 / под редакцией С.И. Лукьянова, Н.В. Швидченко. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та. им Г.И.Носова, 2015. С. 450.
2. **Развитие** бескоксовой металлургии / Н.А. Тулин, В.С. Кудрявцев, С.А. Пчелкин и др.; под ред. Н.А. Тулина, К. Майера. М.: Металлургия. 1987. 328 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕГИОНА

Производство в России цемента в 2012 году составило 61,5 млн тонн. Цементная промышленность — высокочрезвычайно затратная топливно-энергетическая отрасль [1]. В настоящее время возникает проблема энергетической безопасности.

Альтернативный способ решения данной проблемы — использование местного вида топлива. В Рязанской области отсутствуют запасы природного газа, но как видно из диаграммы, представленной на рис. 1, есть большие запасы торфа и цементного сырья.

Изначальное исследование заключается в переводе производства клинкера с природного газа на торф [2], запасы которого практически не используются как в данной области, так и во всей стране.

Параметры сравнения использования стандартного топлива в цементной промышленности и торфа представлены в табл. 1.

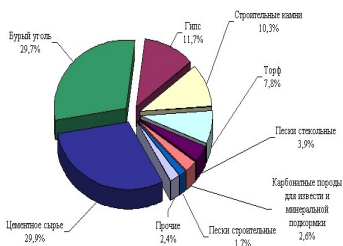


Рис. 1. Структура распределения недр Рязанской области по видам полезных ископаемых

Таблица 1

Топливо	b , т. ус.т./т	$\eta_{\text{тех}}$, %	$\eta_{\text{тепл}}$, %	Π , кг/ч
Природный газ	0,194	32	70,6	49 863
Торф	0,230	39,4	87,136	44 141

Несмотря на то, что расход торфа больше, при правильном использовании торфа мы получим положительные результаты, что позволит развиваться как отдельным регионам, так и стране в целом.

Дальнейшее исследование заключается в разработке методики энергетически эффективного производства цемента на базе теории интенсивного энергосбережения [3].

Литература

1. Воробьёв Х.С., Мазуров Д.Я. Теплотехнические расчеты цементных печей и аппаратов. М.: Высшая школа, 1962.
2. Любова Т.С. Вращающиеся печи: учебное пособие по курсу «Теплотехнические процессы и установки». Смоленск, 2014.
3. Ключников А.Д. Основы теории интенсивного энергосбережения: Конспект лекций. М.: Издательство МЭИ, 2016.

В.С. Калиниченко, студ.; рук. В.Н. Кузьмин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНО-КИСЛОРОДНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

Топливо-кислородный источник энергии позволяет эффективно реализовывать высокотемпературный теплотехнологический процесс (ВТТП), упростить тепловую схему, снизить видимый расход топлива и капитальные вложения как на саму ТТУ, так и на устройства для улавливания вредных выбросов, в том числе парниковых газов. Поэтому в настоящее время имеются достаточные основания утверждать, что глубокий технический прогресс в области ВТТУ тесно связан с применением кислорода.

Анализ эффективности применения кислорода для цементных вращающихся печей проводился с использованием расчетной программы.

При анализе учитывались: возможный рост удельной производительности, потери тепла клинкера, покидающего холодильник, а также снижение энтальпии уходящих газов. В частности, при использовании кислорода сокращаются потери в окружающую среду и для печей сухого способа производства составляют примерно 8 % на единицу клинкера.

При повышении концентрации кислорода в окислителе увеличивается температура в печи, что приводит к интенсификации процесса, соответственно увеличиваются тепловые потоки и уменьшается величина капитальных затрат. Так, при степени обогащения 30 % затраты уменьшаются примерно на 35 %.

Однако с учетом выше указанных факторов существует минимум расхода топлива при степени обогащения дутья кислородом от 38 до 42 %. Расход топлива в этом случае составит примерно 93 % расхода топлива при воздушном дутье.

В то же время имеется определенная зависимость между степенью обогащения дутья кислородом и необходимым снижением видимого расхода топлива, определяющая энергетическую целесообразность использования кислорода. Так, при 30 % обогащении снижение расхода топлива должно быть не меньше 15 %.

Итак, подводя итоги, можно сказать, что если в качестве критерия оценки выбирать только расход топлива, то для обычных вращающихся печей использование кислорода нецелесообразно. В то же время нельзя не учитывать перспективы снижения стоимости крупномасштабного производства кислорода при комплексном извлечении других продуктов разделения воздуха.

А.Ю. Киреев, асп.; рук. С.К. Попов, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ РЕКУПЕРАЦИИ В СТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧИ

Рекуперация теплоты отходящих газов высокотемпературных установок (ВТУ), в том числе стекловаренных печей, обеспечивает снижение видимого расхода топлива.

Термохимическая рекуперация (ТХР) на основе конверсии природного газа может быть осуществлена с использованием различных окислителей. Один из вариантов окислителя – рециркулирующие уходящие газы ВТУ, содержащие в своем составе диоксид углерода CO_2 и водяной пар H_2O [1, 2]. В настоящее время данное направление ТХР получило активное развитие, включая промышленные эксперименты на стекловаренной печи, в которой для горения конвертированного газа (синтез-газа) используется кислород.

В результате исследования тепловой схемы регенеративной стекловаренной печи производительностью 50 т/сутки получены зависимости удельного видимого $b_{\text{вид}}$ и суммарного $b_{\text{сум}}$ расходов топлива от коэффициента расхода окислителя на процесс конверсии $\alpha_{\text{конв}}$ при варьировании доли кислорода в окислителе на сжигание топлива K_{O_2} от 21 до 95 %.

Исследованиями установлено, что указанные зависимости имеют немонотонный характер. Минимуму функции $b_{\text{вид}}(\alpha_{\text{конв}})$ соответствует оптимальное значение коэффициента расхода окислителя на процесс конверсии $\alpha_{\text{конв}}^{\text{опт}}$, близкое к 1,0. При этом соответствующая объемная доля рециркулирующих уходящих газов находится в пределах от 0,20 до 0,25.

Переход к оптимальным значениям данных параметров может обеспечить в рассмотренных условиях дополнительный энергосберегающий эффект до 10 %.

Литература

1. **Gonzalez A., Solorzano E.** OPTIMELT™ Regenerative Thermo-Chemical Heat Recovery for Oxy-Fuel Glass Furnaces // 75rd Conference on Glass Problems: Ceramic Engineering and Science Proceedings. 2015. Vol. 36. Issue 1. P. 113—120.

2. **Kobayashi H.** Thermochemical regenerative heat recovery process. US Pat. 6,113,874, Sep. 5, 2000.

А.В. Мурзадэров, студ.; рук. С.В. Картавцев, д.т.н., проф.
(МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

АНАЛИЗ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ПРИРОДНОГО ГАЗА ПРИ ОБЖИГЕ БАКАЛЬСКИХ СИДЕРИТОВ

Бакальский сидерит характеризуется высокой стабильностью химического состава, низким содержанием вредных примесей, а также малым содержанием серы и фосфора.

В действующей технологии обжиг руды осуществляется в шахтных печах продуктами сгорания (ПС) природного газа (ПГ), разбавленных до температуры 1000—1100 °С, с целью обеспечения условий «мягкого» обжига [1]. Также в источниках указывается, что обжиг руды можно проводить при температуре 550—650 °С при отсутствии доступа свободного кислорода. Расход ПГ на обжиг 1 т руды составляет 49 м³/т [2].

Проведем анализ обжига сидерита при разных температурных уровнях, а также найдем, как зависит расход ПГ от температурного уровня ПС. Результаты расчетов сведены в табл. 1.

Таблица 1

Расчетные характеристики

Температура ПС, °С	Объем сжигаемого ПГ, м ³	Температура отходящих дымовых газов, °С	Общее теплосодержание, МДж	Потери, МДж	Эффективность, %
700	180,95	560	6884	5500	20,1
850	60,2	350	2287	900	60,64
1100	46,97	250	1787	400	77,6

При определении расхода ПГ учитывались две изотермические площадки разложения сидерита. Характеристики площадок представлены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики изотермических площадок

Площадка	Температура, °С	Теплопотребление, кДж/кг	Газовыделение, м ³ /т
Разложение FeCO ₃	459	399,185	~100
Разложение MgCO ₃	650	504	~100

Таким образом, чем больше температура ПС, тем меньше расход природного газа. Также расчетами было доказано, что на обжиг 1 т сидерита требуется 49 м³ природного газа ($G_{\text{теор}} = 49 \text{ м}^3/\text{т}$; $G_{\text{расч}} = 47 \text{ м}^3/\text{т}$).

Литература

1. Клочковский С.П., Смирнов А.Н. Физико-химические основы комплексной переработки высокомагнезиальных сидеритовых руд Бакальского месторождения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 4. С. 572—575.

2. Тацненко П.А. Обжиг руд и концентратов. М.: Металлургия, 1985. 232 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧИ

Стекловаренные печи занимают особое место в производстве строительных материалов не только по широте их применения, разнообразию типов, конструктивных схем и режимов тепловой работы, но и по сложности протекающих в них теплотехнологических процессов, что в итоге приводит к их довольно низкой тепловой эффективности. Проблема энергосбережения чрезвычайно актуальна в высокотемпературных теплотехнологических установках, в том числе в стекловаренных печах. Одно из направлений ее решения – регенерация тепловых отходов.

Базовым вариантом в исследовании способов повышения энергоэффективности выбрана рекуперативная стекловаренная печь производительностью 250 т/сутки. Изучена эффективность таких мероприятий, как повышение температуры окислителя и доли кислорода в окислителе, повышение массовой доли стеклобоя. Показано, что перспективным методом является использование термохимической регенерации теплоты отходящих газов на основе паровой конверсии природного газа [1]. В случае реализации термохимической регенерации (ТХР) приращение энтальпии регенерирующего теплоносителя – смеси природного газа и водяного пара – протекает с изменением его химического состава. При этом наряду с процессом теплообмена в регенеративном устройстве протекают эндотермические химические реакции. В результате обеспечивается более высокая степень регенерации теплового отхода, так как в этом случае тепловой отход используется на повышение не только физической, но и химически связанной теплоты регенерирующего теплоносителя.

В результате исследования тепловой схемы стекловаренной печи с ТХР установлено, что в сравнении с базовым вариантом, где удельный видимый расход топлива (пересчитанный на условное топливо и отнесенный к тонне технологического продукта) составляет 223 кг/т, переход к термохимической регенерации является энергоэффективным, снижая удельный видимый расход топлива до 141 кг/т и обеспечивая энергосберегающий эффект в размере 37 %.

Литература

1. **Попов С.К. Стогов П.А.** Анализ тепловых схем теплотехнологических установок. Сборник расчетных заданий: учебное пособие. М.: Издательство МЭИ, 2016. 64 с.

О.И. Потапова, студ.; рук. С.К. Попов, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭНЕРГОИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНОГО КИРПИЧА

Теплотехнологические системы (ТТС) производства строительного кирпича характеризуются существенной долей в себестоимости продукции затрат на природный газ, используемый как топливо. Вследствие этого для указанных систем являются актуальными исследования в области повышения уровня энергосбережения и экологической эффективности.

Объектом исследования выбрана действующая теплотехнологическая система завода, производящего лицевой керамический кирпич. Выполнено теплотехническое обследование ТТС. В результате выявлена и впоследствии реализована группа мероприятий без заметных капитальных затрат. К ним относятся:

- 1) настройка режима работы горелок туннельной печи с целью обеспечения одинакового соотношения газ—воздух по всем горелкам;
- 2) установка керамических уплотнителей у амбразур горелок с целью повышения газоплотности зоны обжига;
- 3) изменение конфигурации садки с целью повышения симметричности скоростного поля газов и улучшения ее газопроницаемости;
- 4) регулирование аэродинамического режима печи, выполненное по результатам обследования;
- 5) выполнение режимных требований по зоне охлаждения;
- 6) повышение газоплотности стыков между вагонетками.

Сформулированы и проанализированы мероприятия, связанные с дополнительными капиталовложениями и эксплуатационными издержками, вместе с тем позволяющие достичь более заметного энергосберегающего эффекта [1–3].

Освоение рассмотренных технических решений обеспечит повышение энергоэффективности производства строительного кирпича в данной ТТС.

Литература

1. **Попов С.К., Стогов П.А.** Теплотехнические расчеты туннельных печей. М.: Издательский дом МЭИ, 2010.
2. **Попов С.К., Ипполитов В.А.** Решение задач высокотемпературной теплотехнологии в среде MathCad: учебное пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2009.
3. **Попов С.К.** Разработка методологии решения задач интенсивного энергосбережения в высокотемпературных телотехнологиях: Автореф. дисс...докт. техн. наук. М., МЭИ, 2009.

Н.А. Ремнев, студ.; рук. С.Н. Петин, к.т.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛА В КОЛПАКОВЫХ ПЕЧАХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КАЧЕСТВЕ ЗАЩИТНОЙ АТМОСФЕРЫ ВОДОРОДА

Мировое потребление холоднокатаного листа и ленты непрерывно увеличивается. На сегодняшний день множество металлургических печей нуждается в модернизации и техническом перевооружении для увеличения энергоэффективности, производительности и качества обработки металла. Термообработка металла преимущественно проводится в протяжных и колпаковых печах. С точки зрения капитальных затрат и стоимости эксплуатации более выгодными являются колпаковые печи.

С внедрением новой высококонвективной водородной технологии в колпаковых печах началась новая эпоха термической обработки холоднокатаной полосы. По сравнению с азотоводородной смесью чистый водород обладает в 6,5 раз большей теплопроводностью и более высокой восстановительной способностью. Вследствие этого в водородных колпаковых печах в два раза выше коэффициент теплопередачи, что способствует повышению производительности печей и обеспечивает существенно лучшее распределение градиента температур, улучшает качество и чистоту поверхности отжигаемого металла. Заводские расходы в таком случае относительно проходных печей снижаются на 25 %.

Большое значение в этой связи придается использованию водорода и его производству как традиционными способами [1], так и на базе комбинирования технологических процессов [2]. В работе рассматриваются вопросы получения экологически чистого водорода, а также использования водорода с целью существенного повышения энергетической и экологической эффективности в теплотехнологических процессах черной металлургии.

Литература

1. **Козлов С.И., Фатеев В.Н.** Водородная энергетика: современное состояние, проблемы, перспективы / под ред. Е.П. Велихова. М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2009. 520 с.
2. **Петин С.Н.** Разработка перспективной модели энерго- и экологически эффективного производства водорода на базе природного газа и комбинирования процессов в черной металлургии: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: МЭИ, 2009. 20 с.

С.В. Сятыня, студ.; рук. С.Н. Петин, к.т.н., ст. преп. («НИУ МЭИ»)

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНВЕРТЕРНЫХ ГАЗОВ КИСЛОРОДНО- КОНВЕРТЕРНОГО ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ

В настоящее время конвертерное производство стали является основным, доля конвертерной стали в мире составляет около 70 %, а в России — 63,3 %.

При производстве конвертерной стали проблемными факторами утилизации конвертерных газов являются: 1) периодичность выхода конвертерных газов; 2) содержание пыли может достигать до 250 г/м³; 3) высокие температуры отходящих конвертерных газов.

Все вышеуказанные недостатки приводят к тому, что потенциал конвертерных газов используется неполностью.

Существуют энергетические и технологические способы использования конвертерных газов [1].

Энергетическое использование конвертерного газа включает в себя раздельное использование физической теплоты и химической энергии газа. Утилизация физической теплоты газа в газгольдере позволяет использовать не более 10 % энергии газа.

К технологическому использованию конвертерного газа можно выделить три основных направления: восстановление железорудного сырья, обжиг известняка и нагрев металлолома.

Перспективным направлением использования конвертерных газов может быть их регенеративное топливоиспользование при их энергохимической аккумуляции (ЭХА), сущность которой заключается в добавке в отходящие конвертерные газы определенного количества природного газа [2]. Процесс ЭХА является основой для перспективных видов топлива, а также основанием для получения водорода.

Целью данной работы является оценка энергетической эффективности использования конвертерных газов на основе методологии интенсивного энергосбережения [3] и выявление наиболее эффективных способов их использования.

Литература

1. **Бережинский А.И., Циммерман А.Ф.** Охлаждение и очистка газов кислородных конвертеров. М.: Металлургия, 1983. 271 с.
2. **Картавец С.В.** Природный газ в восстановительной плавке. СВС и ЭХА: Монография. Магнитогорск: МГТУ, 2000. 188 с.
3. **Ключников А.Д.** Основы теории интенсивного энергосбережения. Конспект лекций: учебное пособие. М.: Издательство МЭИ, 2016. 148 с.

О.М. Усаковская, студ.; рук. С.К. Попов, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГАЗИФИКАЦИИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

При выборе способа утилизации твердых коммунальных отходов следует опираться как на экологические, так и экономические аспекты проблемы. Существуют различные способы утилизации – от складирования на полигонах до плазменной переработки.

В работе рассматривается газификация отходов в двухкамерной газогенераторной установке. Основные элементы установки – газогенератор и камера сгорания, работающие в режиме кипящего слоя. Промежуточный теплоноситель – песок – нагревается в камере сгорания при дожигании коксового остатка и охлаждается в газогенераторе. Продуктами газификации являются генераторный газ и зола. В тепловой схеме установки предусмотрен регенеративный подогрев окислителя на отходящих газах из камеры сгорания.

Математическая модель газогенераторной установки реализована в среде Mathcad [1]. Выполненные расчетные исследования показывают, что при повышении температуры окислителя с 20 до 200 °С температура генераторного газа возрастает с 991 до 1056 °С; растет содержание СО в составе генераторного газа, уменьшается содержание Н₂. При этом термический КПД газогенератора возрастает на 1,8 %, а его химический КПД увеличивается на 0,3 %.

При фиксированной температуре окислителя изучены зависимости режимных параметров кипящего слоя в камере сгорания от массовой доли углерода, переходящего в коксовый остаток, и удельного расхода промежуточного теплоносителя.

Результаты исследования позволяют перейти к обоснованному выбору конструктивных и режимных параметров газогенераторной установки.

Дальнейшая разработка энергоэффективной теплотехнологической системы утилизации твердых коммунальных отходов включает в себя сопоставительный анализ вариантов использования синтез-газа. В число вариантов входят сжигание газа в парогенераторе с выработкой электроэнергии, а также технологическое использование синтез-газа для производства синтетического жидкого топлива.

Литература

1. **Попов С.К., Ипполитов В.А.** Процессы и установки газификации топлива: учебное пособие. М.: Издательство МЭИ, 2016. 48 с.

*Р.В. Хасанова, студ.; Ю.К. Дёмин, асп.; рук. Е.Г. Нешпоренко,
к.т.н., доц. (МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЖАТЫХ ГАЗОВ

Предприятия черной металлургии являются наиболее крупными потребителями энергоресурсов. Доля затрат на топливо и энергию в общих затратах на производство продукции составляет около 1/3. Основными потребителями топлива являются доменное и прокатное производства, самыми энергоемкими — горнорудное, электросталеплавильное и кислородное производства, самым теплоемким — коксохимическое производство.

Для осуществления различных технологических процессов широко применяются сжатые воздух и его продукты разделения. Так, на продувку колошника доменной печи расход азота составляет около 90 кг на т/чугуна при давлении 1,4 МПа; при продувке чугуна в конвертере расходуется около 80 кг кислорода на т/чугуна [1]. При этом стоит отметить, что на компримирование газов тратится значительная часть электроэнергии.

Одним из направлений энергосбережения при производстве сжатого газа является снижение его средней температуры при возможно меньших потерях при эксплуатации системы охлаждения. Поэтому в работе [2] была предложена энергосберегающая схема, в основе которой лежит доохлаждение сжатого газа за счет впрыска жидкого продукта разделения воздуха (кислорода/азота) в поток сжимаемого газа (воздуха/доменного дутья/азота/кислорода) на выходе из охладителя компрессорной установки с учетом неизменности его состава.

Проведен термодинамический расчет затрат сжатия газов в воздушном, кислородном и азотном турбокомпрессорах. Для каждого вида турбокомпрессора оценена удельная экономия энергии на сжатие за счет доохлаждения сжимаемого газа. При расчетах учитывалось количество газоохладителей, а также время года (зимнее время с температурой окружающей среды $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и летнее с $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$).

При этом в летнее время года экономия составила в среднем на 8,5 % больше, чем в холодный период. С учетом объема производства сжатых газов удельная экономия энергии в летний период составила для воздуха при впрыске кислорода 0,02 кг у.т/т, азота — 0,13 кг у.т/т; при впрыске кислорода в доменное дутье — 0,032 кг у.т/т, при впрыске азота в азот — 0,225 кг у.т/т; кислорода в кислород — 0,214 кг у.т/т стали.

Литература

1. **Воскобойников В.Г.** Общая металлургия. М.: ИКЦ, 2005. 768 с.
2. **Хасанова Р.В.** Экономные компрессоры // Энергоназор. 2015. № 4.

ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ПЕЧИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

При эффективной очистке городских сточных вод образуется большое количество осадка. Осадки подвергаются сжиганию (обжигу), если их утилизация невозможна или экономически нецелесообразна, а также если территория для их складирования ограничена или отсутствует, и в тех случаях, когда это требуется по санитарно-гигиеническим соображениям. Выбор конструкции печи для сжигания обезвоженных осадков ограничен вследствие их высокой влажности и неспекаемости коксового остатка. Первое свойство исключает возможность сжигания осадка непосредственно в факеле без предварительной сушки, второе — возможность сжигания осадков на колосниковых решетках, поэтому в настоящее время основное распространение получили печи кипящего слоя, многоподовые и вращающиеся барабанные печи.

Достоинствами печей кипящего слоя являются компактность установок, интенсивность процесса, возможность сжигания осадков различной влажности; недостатками — большая запыленность отходящих газов и необходимость устройства рекуператоров. Многоподовые печи просты и надежны в эксплуатации. Недостатками являются высокая строительная стоимость, большие габариты, частый выход из строя гребковых устройств. Барабанные печи имеют небольшую запыленность отходящих газов и могут располагаться на открытом воздухе, кроме топочной части и камеры загрузки. Недостатками являются громоздкость, большие капитальные затраты и относительная сложность эксплуатации [1]. Циклонные печи применяются относительно редко и служат для сжигания жидких или мелкодисперсных сухих материалов. Для сжигания осадков в циклонной печи необходима их предварительная термическая сушка, например, в сушилках со встречными струями, и тщательное измельчение.

Необходимо отметить, что в нашей стране недостаточен практический опыт сжигания канализационных осадков, в особенности с применением многоподовых и циклонных печей, которые к тому же серийно не изготавливаются [2].

Литература

1. **Строй-справка.ру**: сайт посвящен строительству, строительным конструкциям, технологиям и материалам в России.
2. **Канализация** населенных мест и промышленных предприятий // Н.И. Лихачёв, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др.; под общ. ред. В. Н. Самохина. — 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1981. 639 с.

В.П. Худякова, студ.; рук. И.П. Морозов, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ МЕДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ПО ТЕХНОЛОГИИ «ПРЯМО ДО МЕДИ»

Металлургия является одной из ключевых и энергоемких отраслей промышленности страны. Проведение металлургических процессов требует затрат значительного количества различных видов энергии, поэтому для металлургии особо актуален и важен вопрос энергосбережения и повышения энергетической эффективности технологического процесса. Проблема разработки энергосберегающей системы получения черновой меди из медных сульфидных концентратов рассмотрена автором доклада.



Рис. 1. Модель ПВПК

Оптимизация существующего технологического процесса осуществляется путем перехода от малоэффективной штейновой технологии к технологии «прямо до меди» [1] с использованием теплотехнологически оптимизированной прямоточно-вихревой плавильной камеры (ПВПК) (рис. 1), сочетающей в себе несколько принципов интенсификации плавильного процесса [2]. Кроме того, особо рассмотрен вопрос переработки и вторичного использования различных отходов производства меди с получением в результате дополнительных технологических продуктов — серной кислоты или элементарной серы, строительных и отделочных материалов, пара, энергетических параметров.

Решение поставленной задачи осуществлялось с применением методов математического моделирования тепловых и аэродинамических процессов движения рабочих сред и материалов в различных элементах оборудования, а также путем балансовых расчетов предложенных тепловых и технологических схем.

Литература

- 1. Морозов И.П.** Расчет тепловых схем установок при переработке сульфидных концентратов: метод. пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2009. 36 с.
- 2. Ключников А.Д.** Энергетика теплотехнологии и вопросы энергосбережения. М.: Энергоатомиздат, 1986. 128 с.

Секция 33

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПРОМТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

*Председатель секции — к.т.н., профессор А.Л. Ефимов
Секретарь секции — ассистент Е.С. Рекуненко*

*Eduard Völker, M. Eng., Anna Malakhova, M. Eng.;
supervisor Horst Stopp, Prof. Dr-Ing. habil.
(BTU, Cottbus- Senftenberg, Germany)*

ОЦЕНКА ГОДОВОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЖИЛОГО ОДНОСЕМЕЙНОГО ДОМА В ГЕРМАНИИ. СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НОРМАТИВНЫХ РАСЧЕТОВ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ TRNSYS

Нормативная база в области энергосбережения Германии претерпевает ежегодные изменения и повышает требования к уровню энергетической эффективности зданий. Законопроект по энергоэффективности зданий Германии «EnEG», вступивший в силу в 1976 году (актуализирован в 2013 г.), ставит перед собой задачи уменьшения общего энергопотребления зданий, составляющего по данным 2010 г. до 40 % общего энергопотребления Германии [1]. В связи с этим в силу вступило требование по составлению «Энергетического паспорта» для всех зданий жилого и нежилого типа. Уже с 2020 года в Германии и в Европе в целом в качестве стандартов в строительстве будут выступать так называемые «пассивные дома» и здания с «почти нулевым энергопотреблением». Данное требование будет относиться в первую очередь к новым постройкам. Здания более ранней постройки будут претерпевать изменения по повышению энергетической эффективности. К этому относится не только улучшение строительных конструкций, но и установка энергосберегающего оборудования и обязательное применение возобновляемых источников энергии.

В докладе рассмотрен пример улучшения жилого односемейного дома в северо-западной низинной части Германии, оценка энергопотребления здания с помощью различных методов; предложена оптимальная система тепло- и холодоснабжения с помощью установки капиллярных матов в

потолочные перекрытия дома. Рассматривается целесообразность установки отопляющего оборудования на основе топливного элемента.

В основу оценки энергопотребления дома положены нормы Немецкого института стандартизации (DIN V 4108/4701 и DIN V 18599) при работе с программой «ZUB Helena» и расчет годового энергопотребления здания в программе TRNSYS17 [2].

Литература

1. **Melita Tuschinski:** EnEV 2020: Energieeinsparverordnung auf dem Weg zu klimaneutralen Bauten; Institut für Energie-Effiziente Architektur mit Internet-Medien. Stuttgart, 2016.
2. **Solar Energy Laboratory:** Volume 5 Multizone Building modeling with Type56 and TRNBuild, by the University of Wisconsin-Madison. USA, 2005.

*И.Р. Абдулгужина, М.А. Петракович, студенты;
рук. С.В. Матвеев, асс. (МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ЦИКЛА РЕНКИНА ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЕПЛОТВОДЕ ОТ РАЗЛИВАЕМОЙ СТАЛИ

В 2015 году мировая выплавка стали составила 1,662 млрд т. Так, порядка 93 % всей стали разливается в машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) для получения заготовок для дальнейшего производства конструкционных материалов. Процессы формообразования связаны с отводом теплоты затвердевания и охлаждения в процессе разливки.

В пределах МНЛЗ отводится порядка 850 МДж тепловой энергии с каждой тонны разливаемой стали. При этом в кристаллизаторе (МНЛЗ) отводится около 15 % — 127,5 МДж/т; в зоне вторичного охлаждения (ЗВО) 85 % — 722,5 МДж/т водо-воздушной смесью на температурном уровне не превышающем 40 и 100 °С соответственно с водой и воздухом, что приводит к необратимым потерям теплоты в окружающую среду. При этом для осуществления самопроизвольного термодинамического процесса отвода теплоты затрачивается порядка 2 кВт·ч электроэнергии на каждую тонну разливаемой стали. Около 70 % отводимой теплоты уносится технической водой, нагретой до температуры насыщения при атмосферном давлении.

Задачей данной работы является исследование возможности использования теплоотвода от разливаемой стали в ЗВО МНЛЗ для собственной генерации электроэнергии.

В связи с низким температурным уровнем отводимой теплоты был принят к рассмотрению органический цикл Ренкина (ORC) для генерации электроэнергии на отводимой теплоте стали. Для реализации такого мероприятия была проведена оценка тепловыделений реальной МНЛЗ, определены расходы стекающей воды. Был проведен анализ фреонов из класса озонобезопасных, таких как R134, R125, R143, была задана температура в конденсаторе 20 °С, определены давления насыщения для каждого из фреонов посредством интерактивного электронно-расчетного справочника В.Ф. Очкова, срабатывание пара в турбине принято адиабатное. Рассчитаны параметры цикла и определены температуры подвода и отвода теплоты и расходы для каждого из фреонов.

Таким образом, в результате применения фреона R134 с каждой тонны стали в ЗВО МНЛЗ возможно сгенерировать порядка 12,6 кВт·ч электроэнергии, которую в дальнейшем можно использовать на собственные нужды МНЛЗ, а излишки — в энергоиспользующих участках промышленного предприятия.

С.П. Абрамова, А.С. Вакурова, студенты; рук. Е.М. Горячева, асс.
(НИУ «МЭИ»)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СИЛОСОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА

Проблема сохранности зерна при хранении с каждым годом становится все актуальней. Широкое распространение получают силосные комплексы, зерно в которых хранится в герметичном состоянии. Хранение представляет собой сложный тепломассообменный процесс. В работе рассматриваются металлические и железобетонные силосы, которые схожи в конструкции и в эксплуатации.

Энергетические затраты на поддержание оптимальной температуры в силосах зависят от температуры наружного воздуха и схемы включения активной вентиляции. Имея больший коэффициент теплопроводности ($\lambda_{\text{м}} = 58 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\lambda_{\text{жб}} = 1,69 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$), металлические силосы требуют более тщательного контроля за внутренней температурой, что ведет к увеличению затрат на их эксплуатацию. Во время работы металлических силосов затраты электроэнергии значительно превышают затраты на обслуживание железобетонных силосов.

Несмотря на более высокие затраты при эксплуатации, металлические силосы более экономичны по удельному расходу бетона и стали. Для изготовления лучших образцов стальных силосов расходуется такое же количество стали, как и для железобетонных, а расход бетона и железобетона снижается более чем в 5 раз. Небольшая масса конструкций стальных силосов позволяет резко снизить транспортные расходы, сократить затраты на строительные машины, открывает возможность возводить элеваторы на строительных участках с малой несущей способностью грунтов [1].

Но главным недостатком металлических силосов является то, что при хранении в них идет сложный тепломассообменный процесс между стенкой, которая является слабой преградой для внешних климатических влияний, и зерном в тонком пристенном слое (около 0,1 м). Возрастает влажность зерна, что ведет к ухудшению качества и возможности брожения в силосах. Железобетонные силосы лишены данного недостатка, так как конструкция позволяет забирать все излишки влаги на себя [2].

Литература

1. **Сельскохозяйственные** здания и сооружения / Д.Н. Топчий, В.А. Бондарь, О.Б. Кошлатый и др. — 4-е изд., перераб. и доп. М.: ВО «Агропромиздат», 1985.
2. **Урбанчик Е.Н.**, Технология элеваторной промышленности, Раздаточный материал. Могилёв: МГУП, 2012.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА В ПРЯМОТОЧНОМ ФЕРМЕНТЕРЕ

Прямоточный ферментер применяется в составе энергетической станции по производству биогаза. В нем протекает процесс анаэробного сбраживания субстрата, результатом которого является получение биогаза (метана) и органических удобрений [1]. Сложность организации данного процесса заключается в обеспечении следующих условий:

- постоянной температуры субстрата во всем объеме ($t = 38 \pm 2$ °С);
- скорости перемешивания субстрата не менее 0,45 м/с.

Свободная конвекция является единственным перемешивающим механизмом в прямоточном ферментере, поэтому определение условий ее возникновения является важной задачей при проектировании биогазовой станции. Целью данной работы было определение необходимых условий для возникновения свободной конвекции в прямоточном ферментере: температурного режима и расположения нагревательных элементов.

Ферментер представляет собой подземный прямоугольный П-образный резервуар шириной 22 м, длиной 90 м и глубиной 6 м с центральной стеной, вдоль которой расположены регистры подогрева [2]. Стены и основание выполнены из бетонных монолитных плит, сверху накрывается многопустотными бетонными плитами.

Моделирование ферментера выполнялось в программном комплексе Ansys. При моделировании были приняты следующие допущения: модель двухмерная, процесс теплообмена стационарный; свойства субстрата аналогичны свойствам воды. Граничные условия: температура наружных стен и основания постоянна ($t_{ст} = 5$ °С), температура нагревательных элементов постоянна ($t_{н.э.} = 60$ °С), расположение нагревательных элементов – шахматное (вдоль центральной стены), на крышке резервуара заданы граничные условия 3-го рода ($t_{н.в.} = -28$ °С, $\alpha = 7$ Вт/(м²·К)).

По результатам расчета можно сделать вывод, что при указанных граничных условиях в объеме резервуара возникает свободная конвекция, способная перемешивать субстрат с требуемой скоростью и в заданном температурном режиме, что обеспечивает максимальный выход биогаза.

Литература

1. Веленев А.Г., Веленева Т.А. Руководство по биогазовым технологиям. М.: «ДЭМИ», 2011. 84 с.
2. Панцхава Е.С. Биоэнергетика. Мир и Россия. Биогаз: теория и практика. М.: Издательство «Русайнс», 2014. 972 с.

А.В. Веткин, асп.; рук. Б.Г. Покусаев, д.т.н., проф.
(Московский политехнический университет)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ТОПЛИВА НА КОНВЕКТИВНЫЙ ТЕПЛООБМЕН В ТРУБЧАТЫХ ПЕЧАХ

В настоящей работе проведено исследование влияния состава сжигаемого топлива на конвективный теплообмен в трубчатой печи.

Тепловой баланс системы рассчитывался по уравнению

$$Q = V_{\text{CH}_4} Q_{n\text{CH}_4} = V_f Q_{n_f}, \quad (1)$$

где V_{CH_4} и V_f ; $Q_{n\text{CH}_4}$ и Q_{n_f} — объемные расходы, низшая теплота сгорания метана и альтернативного вида топлива соответственно.

Движение газов в процессе исследования соответствовало турбулентному режиму течения. Температура поверхности стенки в разных вариантах расчетов принималась как постоянной, так и переменной по длине трубы (табл. 1).

Таблица 1

№	1	2	3	4	5	6
	Kq_1	Kq_2	Kq_3	Kq_4	Kq_5	Kq_6
$t_c, ^\circ\text{C}$	600	600	600	800	800	800
$t_c, ^\circ\text{C}$	250	$t_c = 250 - bx$	$t_c = t(x) - 150$	250	$t_c = 250 - bx$	$t_c = t(x) - 150$

При турбулентном течении локальное число Нуссельта может быть определено по формуле Петухова—Кириллова [1]:

$$\text{Nu} = \frac{0,125 \xi \text{Re Pr}}{\frac{900}{\text{Re}} + 4,5 \sqrt{\xi} \left[\text{Pr}^{\frac{2}{3}} - 1 \right] + 1}; \quad \xi = [1,82 \lg(\text{Re}) - 1,64]^{-2}. \quad (2)$$

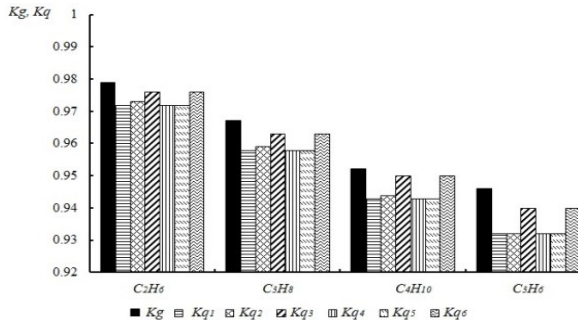


Рис. 1. Величины Kq и Kg для различных углеводородных топлив

Таким образом, показано, что замена метана другими видами газообразного топлива несколько снижает конвективный теплоперенос в трубчатой печи.

Литература

1. **Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалёв С.А.** Теплообмен в ядерных энергетических установках. М.: Атомиздат, 1974. 408 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕРМОСИФОННОГО ЭЛЕКТРОДНОГО НАГРЕВАТЕЛЯ ТЕКУЧЕЙ СРЕДЫ СО ВСТРОЕННЫМ НАСОСОМ

Производственная сфера страны всегда была крупным потребителем тепловой энергии, получаемой за счет сжигания горючих топлив (газа, мазута, угля). Однако не все населенные пункты страны обеспечены горючим топливом, и в таких местах потребности в тепловой энергии покрываются за счет низкотемпературного электродного нагрева.

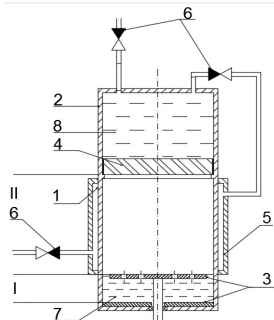


Рис. 1. Термосифонный электрический нагреватель со встроенным насосом: 1, 2 — нижняя и верхняя часть корпуса; 3 — электроды; 4 — поршень; 5 — внешняя полость для нагрева текучей жидкости; 6 — обратные клапаны; 7 — электродлит; 8 — нагреваемая среда (вода)

Одним из способов решения данной проблемы, является проектирование термосифонного электродного нагревателя текучей жидкости со встроенным насосом периодического действия для систем низкотемпературного нагрева.

Преимуществом данной конструкции перед другими низкотемпературными электродными нагревателями является то, что установка имеет два независимых друг от друга контура теплоносителей, герметичный поршень и поверхность теплообмена.

Работа является продолжением работы представленной на ЭТИП 2016 [1]. В ее рамках планируется создание модернизированной экспериментальной установки термосифонного насоса-нагревателя, в которой нижний электрод неподвижен, а верхний электрод соединен с поршнем насоса и совершает возвратно-поступательные движения в вертикальном направлении. Данное изменение позволит увеличить стабильность работы установки и провести серию экспериментов для определения ее рабочих параметров.

Пример проектируемой установки показан на рис. 1.

Прорабатываются новые способы увеличения скорости парообразования путем изменения конструкции нагревательного элемента.

Литература

1. Ковалёв П.Д., Захаров С.В. Проектирование термосифонного электродного нагревателя текучей среды с интегрированным мембранным насосом // Энергосбережение: теория и практика. 2016. С. 100—102.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКАНАЛЬНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА ДЛЯ АВО

Изменение режимов работы предприятий и увеличение стоимости свежей воды требует совершенствования систем оборотного водоснабжения. Применение микроканальных теплообменников в качестве аппаратов воздушного охлаждения является возможным решением данной проблемы. Однако на данный момент для применения их в качестве охладителей необходимо проведение оптимизационных расчетов.

В работе в качестве критериев оптимизации были выбраны эффективность теплообменного аппарата, рассчитываемая по формуле Сасина:

$$\varepsilon = \frac{t'_x - \frac{1}{\beta_{\max}} \int_0^{\beta_{\max}} \left[t'_x - (t'_x - \theta'_r) \cdot \int_0^{\alpha_{\max}} e^{-(\alpha+\beta)} I_0(2\sqrt{\alpha\beta}) d\alpha \right] d\beta}{t'_x - \theta'_r},$$

где α_{\max} и β_{\max} — безразмерные длины теплообменника, t'_x и θ'_r — температуры холодного и горячего теплоносителей, $I_0(2\sqrt{\alpha\beta})$ — функция

Бесселя, а так же целевая функция: $Z = Q - a(N_i + N_j)$, где N_i и N_j — электрические мощности на прокачку горячего и холодного теплоносителей, a — коэффициент, для простоты расчетов принимаемый равным $a = 1$ (рис. 1).

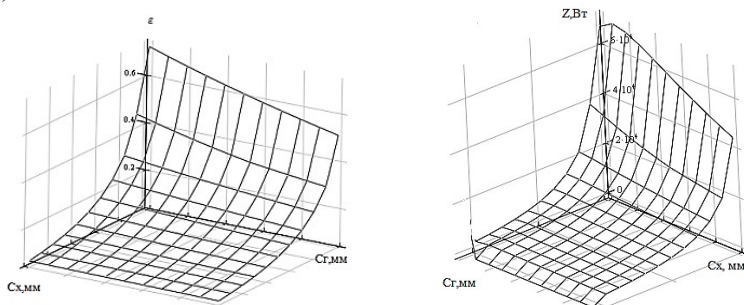


Рис. 1. Зависимость эффективности и целевой функции аппарата от размеров каналов

В работе была найдена оптимальная геометрия каналов исходя из условий допустимых значений скоростей и возможного максимума значения эффективности: шаг гофра $c_x = 1 \cdot 10^{-2}$ м, $c_r = 2,5 \cdot 10^{-4}$ м. Размеры теплообменника составляют $1\text{ м} \times 1\text{ м} \times 0,05\text{ м}$. Значение эффективности при такой конструкции аппарата равно $\varepsilon = 65\%$, тепловая мощность $Q = 6,758 \cdot 10^4$ Вт, значение целевой функции $Z = 2,148 \cdot 10^4$ Вт.

ОПТИМИЗАЦИОННЫЙ РАСЧЕТ МИКРОКАНАЛЬНОГО КОНДЕНСАТОРА

Задача увеличения теплосъема с единицы объема или массы теплообменных аппаратов при уменьшении их габаритных размеров остается актуальной. Все большее распространение в различных отраслях промышленности получают компактные теплообменные аппараты на основе микроканальных технологий.

Цель работы состояла в определении оптимальной конструкции микроканального конденсатора, который смог бы передавать большой тепловой поток при небольших затратах энергии на прокачку теплоносителей.

В качестве целевой функции выбрана зависимость вида

$$Z(d_1, d_2) = \frac{1}{V}(Q - a N_3), \quad (1)$$

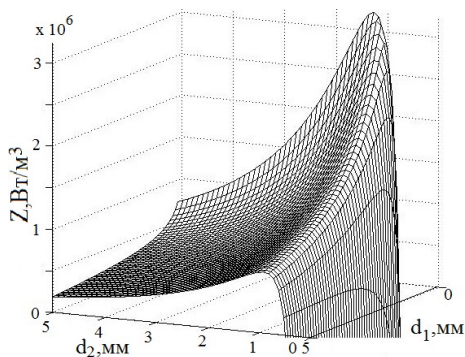


Рис. 1. Зависимость $Z = f(d_1, d_2)$

предложенная в работе [1]. Здесь Z — целевая функция; d_1 и d_2 — гидравлические диаметры микроканалов по фреоновому и воздушному трактам соответственно, м; V — массогабаритная характеристика теплообменника (объем, площадь поверхности теплообмена или масса аппарата); Q — передаваемый тепловой поток, кВт; a — постоянный коэффициент; N_3 — электрическая мощность, затрачиваемая на прокачку воздуха, кВт. Эта

функция имеет максимум при определенном соотношении d_1 и d_2 .

На основе проведенных вычислений получены графики зависимостей теплогидравлических характеристик и целевой функции от гидравлических диаметров каналов.

Проанализированы результаты и определено оптимальное соотношение гидравлических диаметров, соответствующее максимуму целевой функции (на рис. 1 $Z = \max$ при $d_1 = 5 \cdot 10^{-5}$ м и $d_2 = 6 \cdot 10^{-4}$ м).

Литература

1. Гаряев А.Б., Прун О.Е., Клименко А.В. Определение оптимального соотношения характеристик микроканальных теплообменных аппаратов // Теплофизика и аэромеханика. 2015. Т. 22. № 6.

*П.В. Лямзина, асп.; рук. Р.А. Назиров, д.т.н., проф.
(СФУ, г. Красноярск)*

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ НИЗКИХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Многочисленные проведенные исследования доказывают, что влажность существенно влияет на коэффициент теплопроводности строительных материалов. Расчет влажностного режима дает возможность прогнозировать изменение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций в процессе эксплуатации зданий. При этом зависимость коэффициента теплопроводности от влажности различна при отрицательных и положительных температурах, что особенно актуально для климатических условий Красноярского края [1,2].

Исследование заключается в проведении экспериментов на базе лаборатории Бранденбургского технического университета Котбус — Зенфтенберг (Котбус, Германия) по определению коэффициента теплопроводности образцов древесины при различных климатических условиях [3]. При этом в качестве опытных образцов была использована древесина, произрастающая как в условиях Сибири, так и на территории Германии.

Полученные экспериментальные данные в дальнейшем могут быть применены при численных расчетах деревянных строительных конструкций с целью повышения точности расчета с учетом климатических условий Красноярского края.

Литература

1. **Гагарин В.Г.** Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий: дисс. ... докт. техн. наук: 05.23.01, 05.23.03. М., 2000. 396 с.
2. **Фокин К.Ф.** Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / под ред. Ю.А. Табунщикова и В.Г. Гагарина. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
3. **Простой** метод определения теплопроводности ограниченной пластины / А.С. Евдокимов, В.М. Козинцев, О.Э. Мельник и др. // Вестник МГСУ. 2014. № 2. С. 114—124.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕБЕР РАЗНОЙ ФОРМЫ

Актуальность: В наше время ребро — очень распространенный теплообменный элемент, который оказывает заметное влияние на теплоотдачу. Среди работ, посвященных этому элементу, следует выделить публикацию [1]. Связь между теплоотдачей ребра и его эффективностью до конца не выяснена, при этом на величину теплоотдачи ребра влияют параметры внешней среды, ТФС (теплофизические свойства) и форма ребра.

Цель работы: Установить характер зависимости теплоотдачи ребра от его формы (треугольная/трапециевидная) и ТФС при заданных значениях коэффициента теплоотдачи и массе ребра.

Математическая модель [2]:

$$\frac{d^2}{dz^2}\theta + \frac{1}{z}\left(\frac{d}{dz}\theta\right) - \frac{1}{z}\theta = 0, \quad (1)$$

где $z = \frac{x\alpha}{\lambda \sin(\varphi)}$ — введенная переменная; α — коэффициент теплоотдачи;

x — координата от вершины ребра; λ — коэффициент теплопроводности; φ — половина угла при вершине ребра; $\theta(x)$ — избыточная температура.

Анализ полученного решения:

При увеличении коэффициента теплопроводности ребра и постоянных значениях $M\ddot{e}$ (металлоемкость) = const и $\alpha = \text{const}$ минимальная теплоотдача неизменна или слабо зависит от его геометрических и теплофизических параметров; увеличивается оптимальная высота ребра и его теплоотдача. Максимум теплоотдачи соответствует эффективности ребра $\eta = 0,59$ при расчетных условиях (рис. 1).

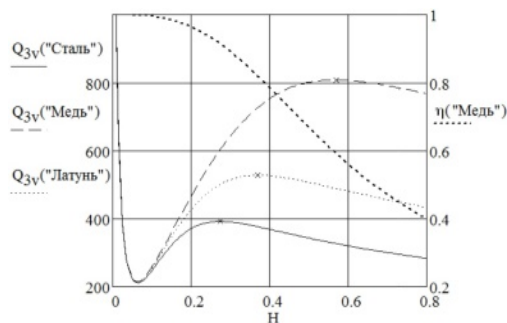


Рис. 1. График $Q(H, \lambda)$, $\eta(H)$

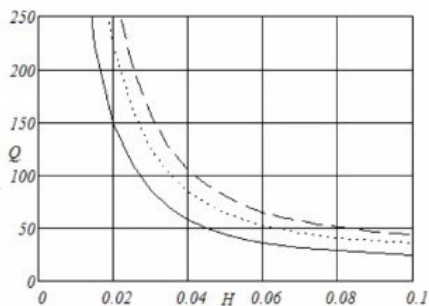


Рис. 2. Тепловой поток изоляционного материала

Существует область, в пределах которой увеличение высоты ребра приводит к уменьшению теплоотдачи. Данный вывод относится к теплоизоляционным материалам (рис. 2).

Заключение: Установлен характер влияния формы и ТФС ребра на его теплоотдачу. Представлен графический материал, который можно использовать при разработке теплообменных поверхностей для теплообменников.

Литература

1. **Ройзен Л.И., Дулькин И.Н.** Тепловой расчет оребренных поверхностей. М.: Энергия, 1977.
2. **Исаченко В.П.** Теплопередача. М.: Энергия, 1975.

О.Е. Прун, асс.; рук. А.Б. Горяев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ В ОХЛАЖДАЕМЫХ ГАЗОХОДАХ

В теплоэнергетике и теплотехнологиях образуются большие количества газов, нагретых до высоких температур. Примером могут служить отходящие газы сталеплавильных и нагревательных печей, отходящие газы газотурбинных установок и многие другие продукты сгорания топлива, отработавшие в технологических процессах. Перед инженерами стоят две взаимосвязанные задачи: охлаждение газоходов, а также самих газов для последующей очистки, либо нагрев теплоносителя с последующим полезным использованием энергии в технологических процессах, системах теплоснабжения или для получения электроэнергии в двигателях Стирлинга или установках органического цикла Ренкина.

Существует ряд проблем, связанных с использованием традиционных теплоутилизаторов, устанавливаемых на пути движения отходящих газов. Например, при высоких температурах такие теплообменники могут выгорать. Кроме того, они создают значительные аэродинамические сопротивления, что может оказывать серьезное влияние на мощность работы ГТУ. Одним из путей решения таких проблем является применение водоохлаждаемых газоходов. В самом простом с точки зрения расчета случае канал для холодного теплоносителя формируется с помощью установки на газоход концентрического кожуха. Главным недостатком таких газоохладителей по сравнению с традиционными воздушнонагревателями и экономайзерами является маленькая площадь поверхности теплообмена. Развить ее можно путем ребрения поверхности газохода плоскими продольными ребрами. Другой вариант конструкции газохода — покрытие его поверхности трубами с заливкой межтрубных участков теплопроводным материалом. Вопрос оптимизации конструкции и режимов работы таких теплообменников является важной и актуальной задачей, рассматриваемой в данной работе.

В работе проведен сравнительный анализ различных конструкций водоохлаждаемых газоходов с точки зрения соотношения их тепловой мощности, затрат на прокачку теплоносителей, а также их влияния на снижение мощности ГТУ на основе подхода к оптимизации теплообменников, описанного в [1].

Литература

1. **Горяев А.Б., Прун О.Е., Клименко А.В.** Определение оптимального соотношения характеристик микроканальных теплообменных аппаратов // Теплофизика и аэромеханика. 2015. Т. 22. № 6.

А.В. Ханин, асп.; рук. А.Б. Гаряев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК РАСЧЕТА КОНДЕНСАЦИОННЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ С ВЫПАДЕНИЕМ ВЛАГИ

Потребность в эффективных теплообменных аппаратах велика в любой сфере народного хозяйства, включая промышленную теплоэнергетику. Так, расход тепла на подогрев вентиляционного воздуха, как правило, составляет 30—40 % общего теплопотребления промышленных зданий. Общий потенциал энергосбережения при применении утилизаторов теплоты вытяжного воздуха (расход которого, как правило, эквивалентен расходу приточного воздуха) можно оценить в 20—25 % общего теплопотребления промышленных зданий.

В данной работе был рассмотрен теплообменный аппарат — испаритель ТНУ. Эта теплонасосная установка утилизирует теплоту вентиляционных выбросов, исходящих из помещения бассейна.

В работе сравнивались следующие методики расчета теплообменных аппаратов: методика, основанная на использовании коэффициента влаговыпадения [1] (1 стр. в табл.1) и методика, основанная на эквивалентной замене тепло- и массообмена влажного воздуха теплообменом сухого воздуха [2] (2 стр. в табл. 1). Исходными данными для расчета являлись: расход воздуха, температура воздуха на входе в теплообменник, влажность воздуха на входе в теплообменник, температура кипения фреона. Необходимо было определить: температуру воздуха на выходе, влажность воздуха на выходе и передаваемый тепловой поток.

Таблица 1

Результаты расчетов

Методика	Q , кВт	t_1'' , °С	ϕ_1'' , %
1	27,5	13,51	75,5
2	28,1	13,2	76,2

В результате расхождения в расчетах оказались несущественными.

Литература

1. **Бородкин А.А.** Расчет теплообменных аппаратов. М.: Издательство МЭИ, 1997.
2. **Сасин В.Я.** Проектирование тепломассообменных аппаратов специальных систем искусственного климата. М.: Издательство МЭИ, 2012.

Секция 34

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

*Председатель секции — к.т.н., доцент В.С. Глазов
Секретарь секции — ассистент Е.С. Рекуненко*

*P. Lyamzina, doctorate student; supervisor Prof. Dr-Ing. W.Schütz
(BTU Cottbus- Senftenberg, Germany)*

THE KEY PRINCIPLES OF ENERGY EFFICIENCY BUILDING'S DESIGN FOR THE FAR NORTH OF KRASNOYARSK TERRITORY

Currently, the construction in the far North of Russia is one of the most important sectors of the country's development. Basically there are some shift camps for oil/coal fields, military buildings or some housing for the indigenous people of the North.

Also construction of the buildings in this area of Krasnoyarsk Territory has a lot of features (difficulties) such as low population density, climate (including permafrost soil and polar nights/days), seasonality of transport, very long distances, high cost of construction, minimum material and energy capacity, minimum labor intensity, maximum safety of buildings, sustainability and durability of structures, necessity of autonomy and so on.

Therefore the formulation of the basic principles of design and development of energy-efficient buildings is extremely important. Moreover, the main part of Russian's normal codes don't have any special requirements of these kinds of buildings.

The basic principles of building design were formulated in the following fields: area planning, snow defence, design and construction solutions (especially foundations), utilities systems [1].

As the result, energy efficiency building was designed, that adapted to severe conditions of Krasnoyarsk Region. The further work to develop more detail and comprehensive building's design project will be continued because in recent years this task is so relevant in Russia.

References

1. **Valley J.I., Dokuchaev V.V., Fedorov N.F.** Buildings and structures in the far North. Leningrad: Gosstroizdat, 1963. P. 492.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА С ОРЕБРЕНИЕМ

Задача оптимизации прямоугольного ребра, рассмотренная в статье [1], имеет некоторое допущение. Было принято, что ребро является термически тонким по толщине. Это допущение выражается соотношением

$$Bi = \frac{\alpha \delta}{\lambda} = \frac{\alpha Me}{\lambda H} \ll 1, \quad (1)$$

где Bi — число Био; α — коэффициент теплоотдачи; δ — толщина ребра; λ — коэффициент теплопроводности материала ребра; Me — металлоемкость ребра; H — высота ребра.

К тому же в задаче оптимизации есть ограничение, связанное с минимальной толщиной ребра δ , что вызвано требованиями по жесткости конструкции. Поэтому высота ребра, из-за его постоянной массы также ограничена.

Указанные ограничения определяют область параметров ребра, в пределах которой и решается задача оптимизации (рис. 1).

При расчете теплообменных аппаратов используются различные эмпирические соотношения для определения коэффициента теплоотдачи. Так, использование формулы М.А. Михеева предполагает одинаковую температуру или тепловой поток по периметру канала. В действительности это условие не всегда выполняется. Кроме того, при проектировании теплообменников не учитывается в явной форме связь между параметрами ребра и максимальной теплоотдачей. Учет этих замечаний позволил разработать методику, основанную на максимальной теплоотдаче, которая обеспечивается соответствующими параметрами ребра из ОДЗ и скоростью теплоносителя, определяемой итерационно. Данное обстоятельство позволяет создать рекуператор заданной мощности с оптимальными массогабаритными характеристиками.

Литература

1. Оптимизация и эффективность интенсификаторов теплообмена / Г.Н. Афонина, Э.А. Габдрахманов, В.С. Глазов, М.М. Идрисов // Энергосбережение — теория и практика: Труды Восьмой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов (Москва, 10—13 октября 2016 г.). М.: Издательский дом МЭИ, 2016. С. 9—14.

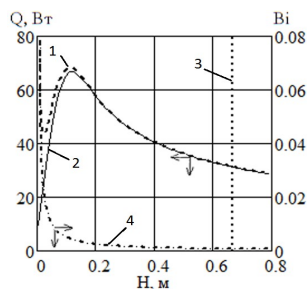


Рис. 1. Зависимость теплоотдачи ребра от его высоты при $Me = \text{const}$: 1 — Q (торец теплоизолирован); 2 — Q (торец теплоизолирован); 3 — $Me/\delta_{\text{мин.доп}}$; 4 — Bi

И.Л. Байдаков, студ.; рук. С.В. Гужов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПРИМЕНЕНИЕ УСТАНОВОК АДИАБАТИЧЕСКОГО И ЕСТЕСТВЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА ЦОД В КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ РФ

В последнее десятилетие бурную динамику имеет рост количества возводимых центров обработки данных (ЦОД), связанный с общими изменениями в глобальных процессах ведения бизнеса, производства, а также с изменением потребностей потребителей.

В ЦОД для отвода избыточного тепла внутреннего воздуха используются системы кондиционирования воздуха (СКВ), абсолютное большинство которых представляют собой СКВ на основе парокомпрессионного цикла [1], неспособные использовать потенциал естественного холода наружного воздуха и потому являющиеся неэнергоэффективными.

Альтернативный вариант отвода тепла — использование СКВ на основе эффекта адиабатического охлаждения воздуха с теоретическим пределом охлаждения до температуры воздуха по мокрому термометру. Наружный и внутренний воздушные контуры могут быть разделены теплообменным аппаратом.

Исследование заключается в проведении сравнительного анализа энергетической эффективности и экономической целесообразности применения трех различных СКВ: адиабатического охлаждения, косвенного адиабатического охлаждения (СКВ с разделением контуров) и СКВ на основе парокомпрессионного цикла. Для этого проведено районирование территории России с целью выявления географических областей, в которых применение альтернативных методов охлаждения является оправданным. Для расчета энергозатрат на работу СКВ использовались данные метеорологической статистики для 12 городов РФ в разных климатических зонах, с интервалами измерений в 1 час в течение года, что является единственным исследованием подобного рода.

Результатами исследования стали рекомендации по применению конкретных типов охлаждения в различных районах страны, что может быть применено при разработке инженерных систем ЦОД, а также при выборе места возведения новых ЦОД и создании государственных нормативов.

Литература

1. **Васюков Г.В.** Эксплуатация ЦОД: расходы и цены // ИКС. 2013. № 12.

С.А. Банникова, ст. преп.; рук. В.М. Захаров, к.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ УСТРОЙСТВА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ПОТЕРЬ В КАНАЛЕ ТЕПЛОТРАССЫ

В работе представлена экспериментальная установка, предназначенная для изучения устройства, повышающего эффективность транспортировки тепловой энергии в тепловых сетях систем теплоснабжения промышленных предприятий путем утилизации потерь теплоты в канале теплотрассы. Такое устройство представляет собой винтовой спиральный коллектор, воспринимающий линейные тепловые потери от трубопроводов тепловой сети системы теплоснабжения, и сопряженный с ним трансформатор теплоты [1].

С целью определения эффективности совместной работы предлагаемого устройства и тепловой сети, а также построения зависимостей действительного тепловосприятия коллектора от его диаметра, шага, удаленности от поверхности изоляции трубопроводов, заданной величины теплового потока, места расположения и количества теплоотражающих экранов, разработана и создана экспериментальная установка, принципиальная схема которой представлена на рис. 1.

Для проведения полного факторного эксперимента определены значимые факторы. Кроме того, в задачи исследования входит определение температуры теплоносителя в начале и конце трубопровода, расход теплоносителя, температуры окружающей среды и теплового потока в окружающей среду с поверхности стенок канала.

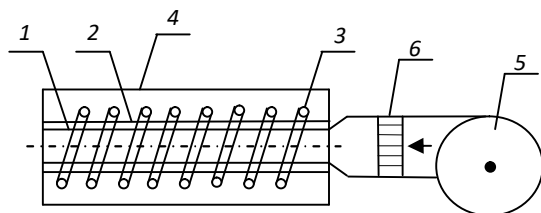


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки: 1 — трубопровод; 2 — теплоотражающий экран; 3 — коллектор; 4 — канал; 5 — вентилятор; 6 — теплоэлектронагреватель

Литература

1. Захаров В.М., Банникова С.А. Устройство для утилизации тепловых потерь в канале теплотрассы. Патент на полезную модель № 94988, 2010 г.

*Ю.С. Долгушева, студ.; рук. А.А. Гаврилова, к.т.н., доц.
(СамГТУ, г. Самара)*

НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЕЙ

В настоящее время проблема энергосбережения в России имеет важнейшее значение, так как экономическая эффективность энергосбережения позволяет увеличить прибыль предприятия, повысить конкурентоспособность, получить финансовые средства для решения других неотложных проблем. Для эксплуатации теплоэлектроцентралей одной из важнейших проблем является превышение нормативных значений относительного расхода электрической энергии на собственные нужды. Расходы электрической энергии на привод вспомогательных механизмов превышают более чем в два раза нормативные значения.

Для повышения энергоэффективности теплоэлектроцентралей была поставлена задача проанализировать применение приборов регулирования производительности тягодутьевых механизмов котла ТГМ 84.

Для решения этой задачи проведен анализ эффективности использования таких приборов регулирования, как шибер, гидромуфта, частотно-регулируемый привод (ЧРП). При регулировании производительности дымососа с помощью шибера расход электрической энергии на привод дымососа повышается в среднем на 5 %. Регулирование производительности дымососа с помощью гидромуфты позволяет снизить расход электрической энергии в пределах 10—15 %, а с помощью частотно-регулируемого привода – в пределах 27 %. Аналогичные результаты получены при анализе режимов работы дутьевого вентилятора.

По результатам анализа эффективности различных способов регулирования производительности тягодутьевых механизмов можно сделать вывод, что применение ЧРП является наиболее эффективной энергосберегающей и экологически чистой технологией. Применение ЧРП позволяет снизить затраты электрической энергии на собственные нужды котельной в четыре раза. Это больше, чем снижение затрат электрической энергии при применении шибера и гидромуфты.

Литература

1. Гаврилова А.А., Салов А.Г., Кухарева А.В. Комплексный анализ режимов работы дутьевых вентиляторов паровых котлов и оценка эффективности применения регулируемых приводов // Математическое моделирование и краевые задачи: Тр. VIII всеросс. науч. конф. Инж. акад. РФЖ СамГТУ. Самара: РИО СамГТУ, 2010. С. 55—57.

Э.Е. Ефимов, студ.; рук. М.В. Горелов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА ТИПА «БОЧКА»

Основной проблемой в использовании возобновляемых источников энергии является дороговизна установок, преобразующих энергию солнца, ветра и других источников в теплоту или электричество. Без поддержки государства населению не выгодно приобретение таких установок. Поэтому на данном этапе развития энергосбережения необходимы конструкции более дешевые и надежные.

В работе выполнен литературный обзор по тематике исследования. Приведен расчет интенсивности солнечного излучения на поверхности Земли. Выполнен краткий обзор конструкций вакуумных коллекторов и коллекторов объемного типа, сформулированы первичные оценки эффективности конструкций. Экспериментально исследованы следующие конструкции солнечных коллекторов: бочка; бочка с кожухом; бочка с оребренной внутренней поверхностью; бочка с оребренной внутренней поверхностью и кожухом.

По результатам исследования получена динамика нагрева и охлаждения коллектора испытуемых конструкций с различными покрытиями, увеличивающими эффективность солнечного коллектора. На основании сравнительного анализа определено покрытие, максимально увеличивающее температуру исследуемого тела. Результаты экспериментального определения температур различных поверхностей приведены на рис. 1. Проведен анализ полученных данных и сформулированы аналитические оценки эффективности конструкций.

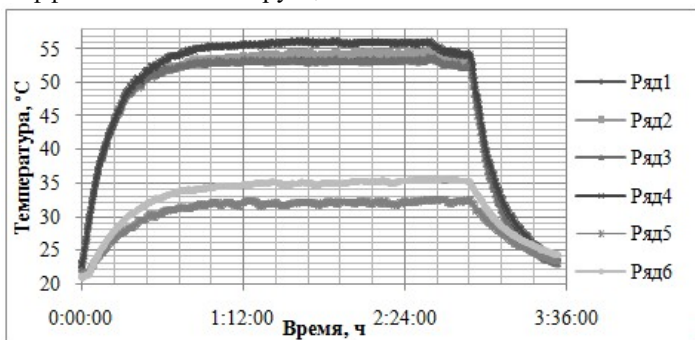


Рис. 1. Динамика нагрева и охлаждения тела с различными покрытиями: Ряд 1 — гляncевая аэрозольная краска; Ряд 2 — селективное покрытие; Ряд 3 — матовая пленка; Ряд 4 — копоть; Ряд 5 — шлифованная поверхность; Ряд 6 — без покрытия

А.А. Заикина, В.В. Потехина, студенты;
рук. М.В. Горелов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ НА ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ПОМЕЩЕНИЯ

Строительство зданий должно осуществляться в соответствии с требованиями к тепловой защите. Перед вводом в эксплуатацию необходимо проводить испытания по определению теплозащитных свойств ограждающих конструкций и теплоаккумулирующей способности зданий [1]. Определение теплоаккумулирующей способности зданий необходимо для нахождения скорости остывания помещения при аварийном режиме работы системы теплоснабжения. Решение данной задачи позволит определить срок, в течение которого температура воздуха и поверхности ограждений помещения снизится до значения, определяемого требованиями теплотехнической безопасности, а также провести сравнение этого срока с необходимой продолжительностью ремонта системы.

На российском рынке представлен широкий ассортимент отопительных приборов. Учет их конструктивных особенностей с привлечением математического моделирования необходим для определения времени остывания помещения. Целью данной работы является определение темпа охлаждения отопительных приборов и влияния типа отопительного прибора на время остывания помещения. В табл. 1 представлены три наиболее распространенных отопительных приборов, которые установлены в административно-бытовых и жилых зданиях, приведен их расчетный темп охлаждения.

Таблица 1

Темп m , $ч^{-1}$, охлаждения металлических нагревательных приборов

Нагревательный прибор	Охлаждение с теплоносителем	Охлаждение без теплоносителя
Конвектор «Комфорт»	23,7	28,8
Радиатор стальной	3,0	15,0
Радиатор чугунный М-140	1,1	3,2

На основании данных, представленных в табл. 1, можно сделать вывод о том, что при одинаковых условиях время остывания помещения будет больше на 3—7 % при установленном чугунном радиаторе типа М-140 по сравнению с другими указанными приборами.

Литература

1. Приказ Ростехнадзора от 07.04.2008 № 212.

*А.В. Зуев, Ю.В. Обухова, студенты; рук-ли Н.Н. Клочкова, к.т.н., доц.;
А.В.Обухова, к.т.н., доц. (СамГТУ, г. Самара)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ

В рамках энергосберегающей политики России поставлена задача повышения эффективности управления энергопотреблением. Одним из направлений решения данной задачи является точный контроль и учет электроэнергии. Это направление позволит обеспечить значительную часть энергосбережения общего объема энергопотребления.

Применение системы учета электроэнергии на основе современного комплекса АСКУЭ (автоматизированная система контроля и учета потребления электроэнергии) позволяет значительно уменьшить коммерческие потери в электрических сетях. Значения этих потерь являются важнейшим показателем энергоэффективности работы энергосистемы.

АСКУЭ выполняет следующие функции: централизованный оперативный контроль процессов энергообеспечения и энергопотребления; текущее состояние рабочей схемы; предупредительная и аварийная сигнализация; мониторинг процессов энергообеспечения и энергопотребления; отслеживание и архивация результатов контроля состояния рабочей схемы и измерения параметров энергопотребления.

АСКУЭ позволяет проводить точный анализ и планировать потребление энергоресурсов, предоставляет возможности использования оптимального на данный период времени тарифа и поставщика.

В традиционных АСКУЭ энергоучет основан на импульсной передаче приращений энергии от счетчиков к системе учета, расположенной на среднем уровне АСКУЭ. В свою очередь информация, накапливаемая в системе учета от счетчиков, передается по цифровым интерфейсам и соответствующим каналам связи на верхний уровень АСКУЭ – уровень ПЭВМ или сети ПЭВМ соответствующей структуры энергосистемы.

Замена миллионов установленных индукционных электросчетчиков электронными является длительным процессом, в ходе которого новые системы учета должны будут работать как с телеметрическими выходами индукционных счетчиков, так и с цифровыми интерфейсами электронных счетчиков. Несмотря на это, внедрение АСКУЭ является актуальной и практически значимой задачей.

На примере небольшого поселка внедрение системы АСКУЭ позволило сократить время сбора информации у потребителей от двух дней (ручной сбор) до трех часов.

*А.М. Исхакова, Е.А. Токмакова, студенты;
рук. И.В. Яковлев, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В УСЛОВИЯХ РОССИИ

Исследуется энергетическая и экономическая эффективность перехода на автономное теплоснабжение от воздушных тепловых насосов в условиях России. Рассматривалась автономная последовательная схема теплоснабжения от теплового насоса и электрического котла.

Предложена расчетная модель, учитывающая фактические климатические условия регионов России и фактические тарифы на электрическую и тепловую энергию. Показано, что создание запаса по номинальной теплопроизводительности теплового насоса $a = Q_{\text{ТНУ}}^{\text{НОМ}} / Q_0^{\text{Р}}$, где $Q_0^{\text{Р}}$ — расчетная отопительная нагрузка потребителя, позволяет экономить потребление электрической энергии. Снижение энергопотребления достигается за счет большей части отопительной нагрузки, восполняемой тепловым насосом, и снижения потребления энергии электрическим котлом. При этом точка бивалентности — точка пересечения отопительной характеристики объекта и характеристики теплового насоса смещается в область более низких температур наружного воздуха. Растет сезонный коэффициент энергоэффективности, представляющий отношение количества теплоты, полученной объектом теплоснабжения за выбранный период, к суммарным энергетическим затратам на получение теплоты. Относительный рост сезонного коэффициента энергоэффективности составляет от 20 до 30 % в зависимости от климатических условий.

Результаты модельных расчетов показали, что для регионов, расчетная температура наружного воздуха в которых близка к температуре точки бивалентности, применение воздушных тепловых насосов энергетически эффективно по критерию минимума затрат условного топлива на производство потребляемой электрической энергии. Экономическая целесообразность применения тепловых насосов определяется соотношением тарифов на тепловую и электрическую энергию.

В случаях, когда расчетная температура наружного воздуха существенно ниже температуры точки бивалентности, применение тепловых насосов становится энергетически выгодным, если номинальная тепловая мощность теплового насоса превышает расчетную отопительную нагрузку примерно на 20 %. При этом расход условного топлива на производство электрической энергии сопоставим с расходом условного топлива на централизованное производство тепловой энергии. При этом финансовые затраты по оплате потребляемой электрической энергии превышают затраты по оплате тепловой энергии на 10÷40 %.

П.С. Клейменова, В.А. Круглова, студенты;
рук. М.В. Горелов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ПАНЕЛЬНОГО ЗДАНИЯ СЕРИИ П-44 С ФИЛЬТРАЦИЕЙ ВОЗДУХА

Воздушный режим современных зданий, определяющий процесс обмена воздухом помещений друг с другом и помещений с наружным воздухом, формируется под воздействием многих факторов. Снижение тепловых потерь за счет инфильтрации через наружные ограждающие конструкции достигается за счет сокращения воздухопроницаемости окон, балконных дверей, межпанельных стыков, входных дверей, которые оборудуются тамбурами или тепловыми завесами.

Цель данной работы — определение тепловых потерь с инфильтрацией наружного воздуха за отопительный период расчетными методами, которые приведены в [1, 2], на примере секции панельного дома серии П-44.

На основании полученных промежуточных результатов расчета по методу [1] можно сделать выводы, что с первого по девятый этажи имеет место инфильтрация наружного воздуха в квартиры, а с девятого по шестнадцатый этажи — эксфильтрация внутреннего воздуха. Частично результаты расчеты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Разность давлений на наружной и внутренней поверхностях окон, Па

Этаж	Тип квартиры - 1		Тип квартиры 2	
	P_{x1} , Па	$\Delta P_{ю1}$, Па	P_{x2} , Па	$\Delta P_{ю2}$, Па
Инфильтрация				
2	77,88	17,651	76,309	19,22
Эксфильтрация				
13	39,56	11,861	40,56	12,861

Метод [2] позволяет определить тепловые потери по упрощенной зависимости. Эта зависимость не учитывает потери с воздухом, поступающим в помещения через стыки стеновых панелей, так как их сопротивление воздухопроницанию высоко относительно сопротивлений других элементов ограждающей конструкции. В результате расчетов численные значения тепловых потерь с инфильтрацией воздуха составили 550,5 и 308,7 Гкал при использовании метода [1] и [2] соответственно.

Литература

1. Сканин А. Н., Махов Л. М. Отопление. М.: Издательство АСВ, 2006. 576 с.
2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий: актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М., 2012. 100 с.

П.С. Клейменова, В.А. Круглова, студенты;
рук. М.В. Горелов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ

Ежегодно возрастающие требования к тепловой защите зданий привели к тому, что появилось множество конструктивных решений для отделки фасадов домов. Одно из них – навесные вентилируемые фасады, которые впервые стали применяться в Финляндии и Германии. В России вентилируемые фасады получили широкое распространение только в последние 8—10 лет. На сегодняшний день в России насчитывается около 15 крупных заводов—изготовителей различных подсистем из стали и алюминия и более 50 крупных отечественных производителей облицовочных материалов [1].

Главное отличие вентилируемого фасада от других типов фасадных систем — это наличие конструкционного зазора между облицовкой и несущей стеной. Конструкция стены данной системы позволяет вынести «точку росы» за пределы несущей стены здания, увеличивает звукоизоляционную, а главное, теплоизоляционную способность массива стены, и, как следствие, позволяет сократить затраты на отопление здания. Несмотря на множество преимуществ системы, вентилируемый фасад имеет ряд недостатков: сложность обеспечения требуемого сопротивления теплопередаче, несоблюдение во многих случаях мер по обеспечению пожарной безопасности; трудность расчета необходимого вентилируемого зазора [2].

В работе рассмотрены различные конструкции систем вентилируемых фасадов, особое внимание уделено воздушному зазору между облицовочными панелями и утепленной поверхностью стены. Результаты расчетов с использованием разработанного программного комплекса «ВЕНТ-ФАСАД» в среде *MicrosoftExcel* показали, что использование систем вентилируемого фасада в климатических условиях РФ возможно и не противоречит современным требованиям по тепловой защите зданий.

Литература

1. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.3652.ru/article/605710>.
2. Немова Д.В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 5.

Ю.В. Коротке, студ.; рук. А.Б. Гаряев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХОЛОДА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ ЭКОНОМИИ ЭНЕРГИИ В РАЗЛИЧНЫХ СФЕРАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

На сегодняшний день использование естественного холода в нашей стране незначительно по сравнению с перспективами, которые открывают имеющиеся в России запасы данного ресурса. Целью данной работы являлось исследование различных областей применения природного холода и оценка возможности и целесообразности снижения энергопотребления тех или иных схем посредством использования естественного охлаждения.

Среди потребителей холода выделили наиболее перспективных с точки зрения использования естественного охлаждения: частичное ожижение природного газа, охлаждение воздуха на впуске в компрессор ГТУ, кондиционирование воздуха дата-центров, а также охлаждение молока. Результаты исследования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сводная таблица полученных результатов

Отрасль	Расчетный регион	Аккумулятор	Приблизительная экономия	Сильные стороны	Слабые стороны
СПГ	г. Салехард	Нет	~ 50 кВт·ч/мес (январь)	Снижение энергопотребления	Существующий метод эффективнее
ГТУ	г. Ханты-Мансийск	Да	~ 3,3 млн руб для 4300 кг льда	Прирост КПД 2–3 %	Оптимизация размеров аккумулятора
Охлаждение дата-центров	г. Москва	Нет	~ 7,8 млн руб/год	Отказ от чиллера в переходный период года	При низких температурах растут затраты на нагрев
	г. Новосибирск		~ 5,2 млн руб/год		
	г. Сочи		~ 2,2 млн руб/год		
Охлаждение молока	г. Москва	Да	~ 101 тыс. руб. для 4000 кг льда	Снижение энергопотребления	Температурные колебания, сезонность

Анализ результатов показал, что наиболее целесообразно использования естественного холода в пищевой промышленности, а также в системах кондиционирования дата-центров.

Д.А. Костина, студ.; рук. И.В. Яковлев, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

СРАВНЕНИЕ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Для отопления производственных помещений применяются следующие системы: классическая система водяного отопления, система воздушного отопления и лучистое (инфракрасное) отопление. Как показывает практика, система воздушного отопления обладает рядом преимуществ перед классической водяной и имеет меньше ограничений по применению в сравнении с системой лучистого отопления. Целью работы является сравнение энергопотребления системами обеспечения микроклимата производственного здания (отопление и вентиляция) при применении центрального водяного или воздушного отопления, совмещенного с вентиляцией.

На основе анализа материальных по воздуху и тепловых балансов получены расчетные зависимости для теплотребления за отопительный период различными системами отопления и вентиляции промышленного цеха. Для анализа приняты следующие схемы: отдельные центральное водяное отопление и вентиляция здания (базовая система); центральное воздушное отопление с частичной рециркуляцией; центральное воздушное отопление по приточной схеме; местное воздушное отопление по приточной схеме; местное воздушное отопление с частичной рециркуляцией. Все виды воздушного отопления обеспечивали потребности объекта в вентиляционном воздухе.

При анализе теплотребления различными системами полагалось, что заданы суммарные расчетные тепловые потери здания и суммарные расчетные теплопритоки от внутренних и внешних источников, которые для рассматриваемых случаев приняты одинаковыми; расход вентиляционного воздуха определяется независимым расчетом, одинаков для всех рассматриваемых случаев и меньше расхода воздуха, требуемого для воздушного отопления. В качестве параметров, влияющих на теплотребление, рассматривались температуры приточного и вытяжного воздуха, средние за отопительный период температуры наружного воздуха, длительность отопительного периода.

Наиболее экономичной схемой является система центрального воздушного отопления по приточной схеме, совмещенная с вентиляцией, с утилизацией теплоты вытяжного воздуха. Снижение теплотребления по сравнению с базовой системой составило от 20 до 30 %.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА РАДИАЦИОННОГО ТЕПЛООБМЕНА

Радиационный теплообмен (РТО) – преобладающий способ переноса теплоты во многих технических устройствах и в природе.

Обзор литературы показал, что существует большое количество различных методов решения задач радиационного теплопереноса. Методы решения задачи РТО можно разделить на две группы — интегральные и дифференциальные — в зависимости от формы уравнения переноса излучением.

Выполнена оценка точности интегральных и дифференциальных методов расчета РТО на примере решения модельной задачи для системы, состоящей из двух твердых серых тел, разделенных серым излучающим и поглощающим газом (рис. 1). При этом учитывалось, что решение данной модельной задачи зональным методом является точным.

Исходные данные для решения модельной задачи представлены на рис. 1.

В качестве интегрального метода использовался резольвентный зональный метод. В этом случае тела 1 и 3 являются зонами I рода, а тело 2 — зоной II рода [1].

Решение дифференциального уравнения переноса лучистой энергии получено при помощи ПБК *ANSYSFLUENT* с применением трех методов численного решения: метода сферических гармоник (P_1), метода приближения оптически толстого слоя (Росселанда) и метода дискретных ординат (*Discrete Ordinates*).

В результате решения модельной задачи установлено, что метод дискретных ординат наиболее предпочтителен для газов с малой поглощательной способностью излучения.

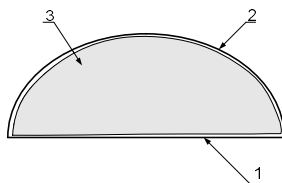


Рис. 1. Система тел, состоящая из двух серых тел, разделенных газом: 1 — вогнутое тело (поверхностная зона): $F_1 = 10 \text{ м}^2$; $\varepsilon_1 = 0,1$, $T_1 = 1073 \text{ К}$; 2 — выпуклое тело (поверхностная зона): $F_2 = 28 \text{ м}^2$, $Q_{\text{рез}} = 28 000 \text{ Вт}$; $\varepsilon_2 = 0,75$; 3 — объемная зона: $T_3 = 1573 \text{ К}$, $\varepsilon_3 = 0,1$

Литература

1. Бухмиров В.В., Солнышкова Ю.С. Зональные методы расчета радиационного и сложного теплообмена. Иваново: Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина, 2012. 96 с.

Ф.Г. Мамедов, М.О. Мовчан, студенты;
рук. М.Ю. Юркина, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

В современном мире ежегодно увеличивается количество центров обработки данных (дата-центров) и их производительность. С ростом мощностей дата-центров увеличивается количество выделяемой тепловой энергии, которую необходимо отводить или же утилизировать. Для осуществления охлаждения применяются системы кондиционирования воздуха, например блоки *CRAC – Computer Room Air Conditioning*. Мощность систем кондиционирования крупных дата-центров достигает 10 МВт.

Снижение эксплуатационных расходов на кондиционирование воздуха является актуальной задачей. Исследование посвящено выбору и расчету энергоэффективной системы охлаждения воздуха в центре обработки данных.

Один из способов снижения расходов – внедрение менее затратных с точки зрения ежедневной эксплуатации и более экологически чистых систем охлаждения. Это могут быть системы косвенного испарительного или естественного охлаждения с теплообменниками типа воздух/воздух и вода/воздух. Технология *Kyoto cooling system* (система охлаждения воздуха в роторном теплообменном аппарате) в настоящее время используется в нескольких дата-центрах по всему миру. Воздух окружающей среды поступает в систему охлаждения через наружные жалюзи, проходит через фильтр наружного воздуха и с помощью вентилятора обдувает колесо роторного теплообменника, охлаждая его. Отработанный наружный воздух выбрасывается в окружающую среду. Воздух из дата-центра охлаждается в роторном теплообменнике до нужной температуры.

В работе проведено исследование процессов теплообмена и аэродинамического сопротивления в каналах роторного теплообменного аппарата. Проведена оценка энергосберегающего эффекта в результате снижения затрат энергоресурсов на охлаждение воздуха в дата-центре при переходе на систему естественного охлаждения.

Ю.В. Обухова, студ.; рук-ли Н.Н. Клочкова, к.т.н., доц.;
А.В. Обухова, к.т.н., доц. (СамГТУ, г. Самара)

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Современные системы уличного освещения в городах и населенных пунктах являются достаточно энергоемкими инженерными системами. Мероприятия по энергосбережению в них приносят ощутимый экономический эффект. Важнейшим условием снижения энергопотребления в осветительных установках является переход на использование современных экономичных источников света.

В последнее время для уличного освещения все чаще стали использоваться светодиодные (СД) светильники. Высокий срок службы (отпадает необходимость частого и затратного обслуживания традиционных светильников), отличная цветность света (почти нейтрально белая) и высокая энергоэкономичность являются основными преимуществами использования СД светильников для указанных целей.

Критики использования СД светильников для уличного освещения часто ссылаются на то, что для уличного освещения наиболее пригодны светильники с натриевыми лампами высокого давления (ДНаТ), так как эти лампы имеют высокую световую отдачу, достаточно большой срок службы (до 20 тыс. часов) и невысокую стоимость комплекта светильник—лампа. Но имеются и недостатки у ламп ДНаТ. Спектр излучения ярко-желтого цвета, что плохо влияет на психофизиологическое состояние водителей, так как в темное время суток сильно снижается видимость и контрастность приборов.

Проведено сравнение уличного освещения светильником с лампой ДНаТ и СД светильником. Параметры светильника с ДНаТ: световой поток светильника — 16200 лм, мощность светильника — 178 Вт, срок службы лампы — 7 тыс. часов. Параметры СД светильника: световой поток светильника — 10 800 лм, мощность светильника — 120 Вт, срок службы лампы — 60 тыс. часов. Расчет освещенности дороги проводился с помощью программы *DIALux-4.11*. Результаты расчета показали преимущества применения светодиодных светильников: уровень освещенности дороги СД светильником выше, чем светильником с ДНаТ, средняя яркость покрытия дороги одинакова в обоих случаях, светодиодный светильник оказывает значительно меньшее слепящее действие. Основной недостаток — высокая цена, но значительные вложения оправдывают себя, так как окупаются за несколько лет за счет низкого энергопотребления. Цена регулярно снижается благодаря непрерывному совершенствованию технологии изготовления таких светильников.

УЧЕТ УРОВНЯ КОМФОРТНОСТИ МИКРОКЛИМАТА ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

Наиболее распространенные методы оценки эффективности энерго-сберегающих мероприятий для объектов непромышленного назначения предполагают расчет и анализ экономических показателей реализации проекта, в число которых включают срок окупаемости мероприятия, чистый дисконтированный доход и внутреннюю норму доходности мероприятия.

Анализ результатов внедрения некоторых типовых энерго-сберегающих мероприятий в жилых, общественных и административных зданиях показал, что энерго-сберегающие решения, направленные на герметизацию объекта (наложение тепловой изоляции, замена окон на энерго-эффективные ПВХ-стеклопакеты), могут приводить к снижению комфортности внутренней среды помещений. Снижение комфортности вызывает необходимость реализации дополнительных мероприятий, обеспечивающих комфортные для человека условия и, как следствие, увеличение затрат на реализацию проекта.

Поставлена задача повышения точности оценки эффективности энерго-сберегающих мероприятий. Предложен метод, включающий как расчет экономических показателей реализации проекта, так и оценку необходимости внедрения сопутствующих мероприятий, связанных с отрицательным влиянием энерго-сберегающего мероприятия на комфортность микроклимата помещений. Сопутствующие мероприятия увеличивают капитальные затраты на реализацию проекта. Изменение комфортности микроклимата предложено оценивать по величине уровня комфортности микроклимата – интегрального показателя, учитывающего условия теплового комфорта человека в помещении и основные вредности, характерные для зданий непромышленного назначения. Уровень комфорта рассчитывается до и после реализации энерго-сберегающего мероприятия с применением специально разработанной математической модели. Использование предложенного метода оценки эффективности энерго-сберегающих мероприятий позволит повысить точность расчета экономических показателей реализации проекта, а также способствует повышению комфортности зданий непромышленного назначения при реализации энерго-сберегающих решений, что положительно скажется на самочувствии, работоспособности и здоровье человека.

*Н.Н. Смирнов, соиск.; Д.А. Лапатеев, асп.;
рук-ли В.М. Захаров, к.т.н., доц.; В.К. Пыжов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СКВ ДЛЯ ЗДАНИЙ С РЕГУЛИРУЕМЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОКОН

В настоящее время в России затраты на отопление, вентиляцию, кондиционирование воздуха (СКВ) и горячее водоснабжение составляют примерно 160 млн т у. т. (20 % топливно-энергетического баланса страны) [1]. На отопление расходуется 80 % из вышеуказанных затрат.

Авторами были разработаны, запатентованы и испытаны конструкции окон с теплоотражающими экранами панельного, рулонного и жалюзийного типа, выполненные из металла. Применение экранов целесообразно в темное время суток или в отсутствии людей. Применение экранов не только снижает тепловые трансмиссионные потери, но и позволяет понизить температуру воздуха при «дежурном» режиме отопления, причем предварительная осушка воздуха предоставляет возможность еще более уменьшить значение данного параметра.

В ходе реализации численного моделирования и физического эксперимента в климатической камере АНО «Ивановостройиспытания» было доказано [2], что термическое (и приведенное) сопротивление теплопередаче окон с экранами изменяется в течение суток не только в связи с перемещением экрана, но и с непостоянством температур и скоростей внутреннего и наружного воздуха.

Была разработана программа по определению приведенного сопротивления теплопередаче окон с теплоотражающими экранами, а также выполнено моделирование потребления энергии системами кондиционирования воздуха (СКВ) для обеспечения параметров динамического микроклимата как для одних суток, так и для годового цикла. Проводились расчеты по определению эффективности использования экранов в окнах для некоторых регионов России.

Литература

1. **Информационная** база данных по оптическим и теплозащитным характеристикам строительных материалов / Л.В. Прима, М.В. Горелов, В.С. Глазов, Э.К. Фелькер // Энергосбережение – теория и практика: труды Восьмой международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. М.: Издательский дом МЭИ, 2016. С. 165—170.

2. **Разработка**, программная реализация и проверка адекватности математической модели процесса теплопередачи через окно с теплоотражающими экранами / В.М. Захаров, Е.Г. Авдюнин, Н.Н. Смирнов и др. // Вестник ИГЭУ. 2016. № 3. С. 13—26.

Н.Х. Тевосян, студ.; рук. М.Ю. Юркина, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГРАДИРНИ ТЭЦ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА

Работа посвящена оценке энергосберегающего эффекта за счет модернизации системы оборотного водоснабжения промышленных предприятий, осуществляющих производственный цикл с выработкой теплоты и ее отводом с охлаждающей водой. Для получения охлаждающей воды с необходимой температурой применяются различные источники, в том числе градирни. Их использование сопряжено с рядом проблем. Но главная проблема всех существующих градирен – высокая температура наружного воздуха в летний период [1].

Предложено техническое решение, позволяющее повысить эффективность работы градирни в условиях жаркого климата за счет дополнительной установки системы испарительного охлаждения воздуха на уровне проемов воздухоподводящих окон. Воздух охлаждается за счет испарения влаги, создаваемой форсунками, распыляющими воду при входе в градирню. За счет испарительного охлаждения достигается двойной эффект — воздух и увлажняется, и охлаждается.

Представлены расчеты эффективности работы градирни в системе оборотного водоснабжения предприятия, технологический процесс которого требует пар следующих параметров: $p_{отб} = 1,27$ МПа, $D_{отб} = 420$ т/ч. Для этих целей используется три турбины ПТ-60-130 ЛМЗ, установленных на ТЭЦ. Система испарительного охлаждения воздуха наиболее эффективна при работе на двух температурных режимах: при $t_{oc} > 30$ °С; при 25 °С $< t_{oc} < 30$ °С. Показано, что для двух указанных режимов за счет снижения температуры воздуха на входе в градирню, можно снизить температуру охлажденной воды на 3,5 и 2 °С соответственно, добиться повышения КПД более чем на 0,2 %. С учетом действующих цен на газ (5578 руб/1000 м³) экономия составит 3120 тыс. руб. ежегодно. Экономический расчет указывает на малый срок окупаемости проекта (дисконтированный срок окупаемости равен 2 годам и 8 месяцам). Дисконтированная прибыль на момент износа основного оборудования составляет 9 млн руб.

Литература

1. **Мошкарин А.В., Калатузов В.А.** Современные основы технического перевооружения систем технического водоснабжения тепловых электростанций // Вестник ИГЭУ. 2008. Вып. 2.

*В.Е. Ухлин, Е.О. Красавина, студенты;
рук. Л.В. Плотникова, к.т.н., доц. (КГЭУ, г. Казань)*

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЦЕССАХ ГАЗОФРАКЦИОНИРОВАНИЯ

На нефтеперерабатывающих предприятиях большая доля затрат энергии приходится на процесс газодифракционирования в связи с применением большого количества ректификационных колонн для процессов разделения. В связи с этим актуально внедрение комплекса мероприятий по энергосбережению в процессах газодифракционирования. Одним из энергоемких предприятий нефтепереработки в РФ является Ачинский нефтеперерабатывающий завод Восточной нефтяной компании (АО «АНПЗ ВНК»).

Основными энергосберегающими технологиями на нефтеперерабатывающих заводах являются интенсификация работы оборудования и применение теплонасосной техники. Для интенсификации работы газодифракционирования необходимо применение высокоэффективных контактных устройств в ректификационных колоннах, замена маломощного оборудования более производительным, замена схем и технологических режимов работы колонн, сопутствующей арматуры, блоков и установок в целом [1].

Тепловые насосы в процессах разделения фракций нефти возможно использовать при разделении близкикопящих компонентов [2], поэтому рассматривается возможность их применения только на участке газодифракционирования. Процессы разделения в ректификационных колоннах таких компонентов, как нормальный бутан, изобутан, пропан, пентан, изопентан, являются наиболее энергоемкими, так как необходимая чистота разделения достигается при больших затратах тепловой энергии. Внедрение тепловых насосов в технологическую схему участка газодифракционирования позволяет сократить потребление тепловой энергии в виде греющего пара для бутановой и пропановой колонн, деэтанизатора и дебутанизатора, а также снизить экологическую нагрузку за счет снижения затрат энергоресурсов и уменьшения выбросов дымовых газов топливосжигающими установками.

Литература

1. **Левинтер М.Е., Ахметов С.А.** Глубокая переработка нефти. М.: Химия, 1992. 224 с.
2. **Плотникова Л.В., Андреева С.А., Ефремов Г.И.** Организация энергосберегающей системы утилизации вторичных ресурсов стадии пиролиза в производстве этилена // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 2.

Л.А. Хакимуллина, М.В. Каретникова, студенты;
рук. И.В. Яковлев, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ЭФФЕКТ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕРМОРЕГУЛЯТОРОВ

Индивидуальные терморегуляторы представляют собой устройства, автоматически изменяющие расход воды через отопительный прибор в зависимости от температуры воздуха внутри отапливаемого помещения. Терморегуляторы устанавливаются на каждый отопительный прибор и автоматически поддерживают заданную температуру в помещении. Экономия тепловой энергии при применении индивидуальных терморегуляторов достигается уменьшением расхода теплоносителя через отопительные приборы в следующих случаях: поступление теплоты в помещения от бытовых тепловыделений (Q_6) или от солнечного излучения (Q_c); задание с помощью терморегулятора пониженной (относительно расчетной) температуры в жилом помещении в ночное время; непроизводительные затраты теплоты (перетоп).

Как и любое энергосберегающее мероприятие, применение индивидуальных терморегуляторов требует оценки снижения затрат теплоты от его реализации. В работе на основе предлагаемой расчетной модели сделаны оценки относительного снижения отопительной нагрузки $\Delta Q/Q_0$ в зависимости от температуры, где Q_0 — отопительная нагрузка при текущей температуре наружного воздуха (рис. 1). Расчеты сделаны при различных значениях относительной мощности бытовых тепловыделений $\overline{Q_6} = Q_6 / Q_0^p$, где Q_0^p — расчетная отопительная нагрузка. Были сделаны интегральные оценки энергосберегающего эффекта для различных климатических зон с использованием полученных расчетных зависимостей

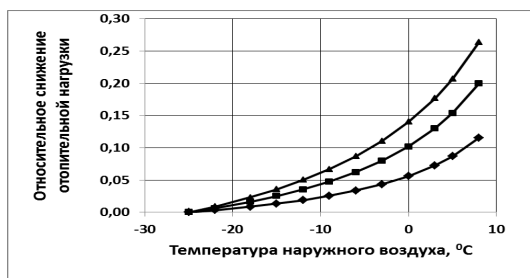


Рис. 1. Относительное снижение отопительной нагрузки в зависимости от температуры наружного воздуха при различных уровнях бытовых тепловыделений: $\overline{Q_6}$:
◆ — 0,05; ■ — 0,1; ▲ — 0,15

М.А. Хачалов, М.В. Фролова, студенты;
рук. М.Ю. Юркина, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ЭФФЕКТА В ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВКАХ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРОВ

В теплогенерирующих установках, работающих на природном газе, наиболее значительной является потеря теплоты с уходящими газами. Для котельных установок при расчете на низшую теплоту сгорания топлива эти потери составляют 5—6 %, фактически, с учетом теплоты конденсации водяных паров, эта величина на 12 % выше. Для снижения этих потерь необходимо охлаждать продукты сгорания до такой температуры, при которой удастся сконденсировать максимально возможное количество водяных паров, содержащихся в газах, и использовать выделяющуюся при конденсации скрытую теплоту [1, 2].

Исследование посвящено оценке эффективности внедрения конденсационных теплоутилизаторов (КТУ) за котлами. Рассмотрен мировой опыт внедрения КТУ, а также их виды. Подробно описан конденсационный поверхностный теплоутилизатор – охладитель продуктов сгорания. Проанализированы основные факторы, влияющие на эффективность охлаждения продуктов сгорания, такие как коэффициент избытка воздуха, параметры охлаждающей воды и продуктов сгорания, а также влияние скоростей теплоносителей. Проведены оценка энергосберегающего эффекта, оценки повышения коэффициента использования топлива котельной (КИТ), представленные в табл. 1. Сделана оценка экономической эффективности энергосберегающего мероприятия с учетом капитальных затрат на установку калорифера и получен срок окупаемости проекта.

Таблица 1

Повышение КИТ топлива котельной

Нагрузка котла, т/ч	6	8	10
Повышение КИТ, %	6,9	5	4,2
Экономия природного газа, м ³ /год	213 979		

Литература

1. **Черепанова Е.В.** Охлаждение продуктов сгорания газообразного топлива в ребристых теплообменниках: Дисс. ...канд. техн. наук. Екатеринбург, 2005.
2. **Кудинов А.А.** Энергосбережение в теплогенерирующих установках. Ульяновск, 2000. 139 с.

ОПТИМАЛЬНЫЕ ГРАФИКИ ПОКРЫТИЯ ВОЗДУШНЫМИ ТЕПЛОВЫМИ НАСОСАМИ ОТОПИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

В условиях непрерывного роста тарифов на энергоносители и услуги жилищно-коммунального комплекса, а также ужесточения требований по экологической безопасности все более актуальной становится проблема энергосбережения в теплоснабжении. Альтернативными источниками тепловой энергии для нужд отопления зданий на сегодняшний день являются тепловые насосы, позволяющие использовать низкопотенциальную теплоту окружающего воздуха.

При низких температурах воздуха, когда тепловые насосы не могут полностью покрыть отопительную нагрузку, часть теплоты забирается от тепловой сети. Цель исследования заключается в оптимизации потребления энергоресурсов при бивалентном (от двух источников) режиме работы системы теплоснабжения.

Для решения данной задачи была рассмотрена расчетная математическая модель неавтономной системы теплоснабжения на базе воздушных тепловых насосов. Анализировалось теплоснабжение от двух источников теплового насоса и тепловой сети. С целью работы в энергоэффективном режиме необходимо наращивать номинальную мощность теплового насоса, так как со снижением температуры наружного воздуха теплопроизводительность тепловых насосов падает. С другой стороны, большая номинальная мощность данных установок при увеличении температуры воздуха и, как следствие, снижение нагрузки на систему отопления и горячего водоснабжения, приводит к нерациональному расходу теплоты и возникновению потерь. В работе оптимизируется график работы рассматриваемой системы теплоснабжения с целью минимизации потребления электрической энергии на привод компрессора и тепловой энергии, забираемой из сети. Оптимизация проводится с учетом климатических условий различных регионов России.

Развитие рассматриваемого направления энергосбережения позволит улучшить экологическую обстановку и снизить затраты на теплоснабжение строящихся и действующих объектов. Результаты исследования, подкрепленные опытом реального применения теплонасосных установок, например [1], показывают, что экономия энергоресурсов может достигать 40 %.

Литература

1. **Фёдоров А.В.** Опыт применения воздушных ТН в Санкт-Петербурге и Ленинградской области // Отопление. 2015. С. 70—71.

Секция 35

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Председатель секции — зав. каф. ПТС, к.т.н.

Ю.В. Яворовский

Секретарь секции — к.т.н., доцент Е.В. Жигулина

*Linda Bünnig, student; supervisor Prof. Dr-Ing. W. Sch tz,
(BTU, Cottbus, Germany)*

LABORATORY EXPERIMENTS ON BUILDING FACILITIES

In a module of the 5th semester in the study program of civil engineering with the focus on energy and environment laboratory experiments are included. The energy efficiency of different facilities were measured.

The “Specific fan power” for ventilators is calculated from measurements. In a heat recovery equipment of a simple ventilation system the “heat provision level” is determined by temperature and electrical energy measurements. For a heat pump the “COP” for given boundary conditions is measured. A combined heat and power unit is operated to determine the non-dimensional numbers for electrical and thermal energy.

Two efficiency parameters will be explained in more detail. So a rotary heat recovery system is used for the laboratory experiments. The operation temperatures is down to -10°C without removal or freezing of condensed humidity. The necessary temperature differences for measurements are achieved by heating the extract air. The influence of colder environment on the efficiency will be discussed.

The combined heat and power unit is a commercial “Mini-BHKW” with around 5 kW of electrical power. The useful buildings to consume the electrical Power are multi-family houses or small business buildings. With such equipment the German renewable energy heat act can be met. So the application is widely possible and for planning of energy efficient bigger buildings. The performed measurements will demonstrate the effectiveness of the used unit.

*Stefan Gessel, student; supervisor Prof. Dr-Ing. W. Sch tz
(BTU, Cottbus, Germany)*

MODEL-BASED PLANNING OF BUILDING FACILITIES

The planning of heating, ventilation, drinking water and waste water facilities inside a building will be presented. During the project in the 5th semester in the study program of civil engineering with the focus on energy and environment the model-based planning is applied.

Starting from 3D-drawings of the building all building facilities are 3-dimensional implemented. The technical calculations are based upon the 3-dimensional drawings. The dimensions are transferred from the building drawings to the calculation programs. Results of the calculations are partly given back to the 3-dimensional drawings. So the facilities can be visualized in three dimensions. Especially for ventilation ducts the 3-dimensional view is helpful. Collision detection can easily be performed. The necessary space for the ventilation ducts is visualized.

As basis for the planning a 2 level building for commercial use was given. According to the German energy saving ordinance an energy concept has to be defined. Additionally the compliance of the energy concept with the renewable energy heat act shall be proven. A ventilation concept and a warm water concept has to be designed. All relevant technical regulations shall be considered. All concepts shall be conform with the hygiene standards.

From room data sheets over piping and ducting diagrams to numeric calculation and 3-dimensional visualizations the model-based planning process will be explained. This planning process is nowadays widely discussed and the basis for actual planning of engineering consultants.

*С.В. Андреев, И.М. Окатов, М.С. Щербаков, студенты;
рук-ли Е.Г. Авдюнин, д.т.н., проф.; В.В. Сенников, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ И ПЛАНИРОВАНИЕ ЗАМЕНЫ УЧАСТКОВ ТРУБОПРОВОДОВ

Основным мероприятием, необходимым и достаточным для доведения показателей надежности (ПН) тепловых сетей (ТС) до нормативных значений, является замена участков ТС с учетом продолжительности (периода) эксплуатации.

При разработке схем теплоснабжения поселений часто возникает необходимость в нахождении значительных единовременных инвестиций для замены трубопроводов тепловых сетей, выработавших свой эксплуатационный ресурс.

Методика эффективного планирования замен трубопроводов путем оптимального выбора участков тепловой сети, нуждающихся в замене, с минимальными временными и финансовыми затратами разработана и приведена в [1]. На основе нее разрабатывается план замены участков по годам рассматриваемого периода, исходя из экономических параметров (стоимости работ по замене и годовых инвестиций) и нормируемой суммарной относительной оценки технического состояния j -го участка тепловой сети, который рассчитывается исходя из веса ряда влияющих технологических параметров.

В качестве примера выполнен расчет тепловых сетей котельной городского поселения.

Предлагается план замены участков тепловых сетей котельной с указанием стоимости выполнения работ по методике [2].

Стоимость строительства наружных тепловых сетей принята по государственным укрупненным нормативам цены строительства [3].

Данная методика удачно дополняет модуль «Надежность» программно-расчетного комплекса «ZuluThermo».

Литература

1. **Кирихин С.Н.** Планирование замен участков тепловых сетей. М.: «Газпром промгаз», 2014.
2. **Авдюнин Е.Г.** Методика расчета показателей надежности тепловых сетей и планирование замен участков трубопроводов / Е.Г.Авдюнин, В.В. Сенников, С.В.Андреев // «Энергия—2016». Теплоэнергетика: Материалы Международной научно-технической конференции. Иваново: ИГЭУ, 2016.
3. **НЦС 81-02-2014.** Государственные сметные нормативы. Укрупненные нормативы цены строительства.

В.В. Беккер, асп.; рук-ли А.В. Волков, д.т.н., проф.;
С.В. Григорьев, к.т.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

О МОДЕЛИРОВАНИИ ОДНОСКВАЖИННОЙ СИСТЕМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НЕДР

Известно, что существуют односкважинные системы съема тепловой энергии недр Земли. Со временем, при длительном извлечении тепловой энергии, наблюдается снижение температурного потенциала у ствола скважины, вследствие чего снижается номинальная мощность эксплуатации теплового оборудования.

Существующие экспериментальные данные [1] позволяют оценить степень снижения температурного потенциала околоскважинных пород недр Земли лишь на основе данных со скважин малой глубины (до 105 м). Однако для больших глубин, где температурный режим грунта формируется под воздействием радиогенного потока теплоты необходимо проведение дополнительных экспериментальных исследований.

Для изучения вопроса снижения температурного потенциала односкважинной системы съема тепловой энергии был разработан стенд по моделированию захлаживания околоскважинных пород недр Земли.

Стенд представляет собой уменьшенную, при сохранении геометрического подобия и с учетом теории моделирования, модель скважины на которой обеспечиваются все необходимые условия моделирования, такие как:

- состав пород недр на заданном участке модели;
- теплофизические характеристики пород недр;
- поле температур в массиве пород недр в начальный момент времени;
- температура на входе в систему транспортировки теплоносителя через модель пород недр;
- температура на выходе из системы транспортировки теплоносителя через модель пород недр.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Соглашения о предоставлении субсидии «Разработка научно-технических решений, направленных на создание эффективных энергоисточников на основе использования глубинной тепловой энергии недр» №14.577.21.0192 от 27.10.2015 г. (уникальный идентификационный номер RFMEF157715X0192).

Литература

1. **Васильев Г.П., Шилкин Н.В.** Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли в теплонасосных системах // АВОК. № 2. 2003. С. 52—61.

И.Ю. Березнева, студ.; рук. В.И. Романов, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АППАРАТОВ (ГПА) ПУТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА, ПОСТУПАЮЩЕГО В КОМПРЕССОР ПРИВОДНОЙ ГТУ

Транспортировка газа осуществляется компрессорными станциями, которые устанавливаются на трассе газопровода через каждые 80—120 км. Газоперекачивающие агрегаты (ГПА) состоят из компрессоров (в которых происходит сжатие природного газа) и газотурбинного привода (ГТУ).

Как известно, на КПД ГТУ сильное влияние оказывает температура воздуха, поступающего на всас компрессора ГТУ, поэтому вопрос стабилизации температуры воздуха, поступающего в компрессор ГТУ, является актуальным.

В работе рассмотрены пути решения этого вопроса:

- воздействие на температуру наружного воздуха, забираемого компрессором из атмосферы в зоне отрицательных температур для обеспечения повышения температуры забираемого воздуха, что ограничивает чрезмерное повышение мощности установки и снижение температуры выходных газов. Подогрев осуществляется в воздухозаборном устройстве теплообменником, где греющая среда пар или вода. Подогрев воздуха можно осуществить, используя также теплоту части выходных газов ГТ, подмешивая их к засасываемому воздуху. По опытным данным, добавка 4-5% выходных газов в комплексное воздухоочистительное устройство ГТУ простой тепловой схемы позволяет повысить температуру засасываемого воздуха на 15—20 °С.

- снижение температуры забираемого из атмосферы воздуха в зоне высоких положительных температур. Решение — разместить во входном канале воздухозаборного устройства после воздушных фильтров испарительный охладитель. Так, при температуре наружного воздуха +35 °С (сухой термометр) и относительной влажности 60% испарительный охладитель, работающий с КПД 85 %, может снизить температуру воздуха на входе в компрессор до 29 °С, повысив его влажность до 92 %. При этом мощность ГТУ возрастет на 3 %, а электрический КПД приблизительно на 0,2 %. Затраты на такую установку оцениваются на уровне 160—180 долл. США на 1 кВт дополнительной мощности.

Таким образом, вопрос стабилизации температуры воздуха на входе в компрессор приводной ГТУ является актуальным.

А.В. Быков, студ.; рук. Ю.В. Яворовский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРУНТОВЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ЖИЛОГО КОРПУСА СПОРТИВНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО ЛАГЕРЯ «ЭНЕРГИЯ»

Рынок тепловых насосов в мире постоянно расширяется, однако в нашей стране они используются пока крайне мало. В основном это связано с большими капитальными затратами на тепловой насос, а также с высокими тарифами на электрическую энергию. Поэтому важной задачей является поиск таких условий, при которых использование грунтовых тепловых насосов будет экономически выгодно.

В настоящей работе проведена оценка целесообразности применения грунтового теплового насоса для тепло- и водоснабжения жилого корпуса СОЛ «Энергия». На основе проведенных расчетов показано, что применение грунтового теплового насоса для данного здания без дополнительного утепления нецелесообразно.

Предложен ряд энергосберегающих мероприятий, а также проведен оптимизационный расчет толщины изоляции исходя из суммарных затрат на тепловую изоляцию, на покупку и эксплуатацию теплового насоса и оборудования. Это позволит снизить потребление теплоты данным объектом с 245 до 50 кВт·ч в год на 1 м² отапливаемой площади.

Определено оптимальное соотношение расчетных тепловых нагрузок теплового насоса и электродкотла, работающих совместно.

Рассмотрена возможность применения теплового насоса для утепленного здания при работе по двухставочному тарифу с дифференцированием по зонам суток (рис. 1). Показано, что при работе по такому режиму срок окупаемости теплового насоса для утепленного здания может составить порядка 14 лет.

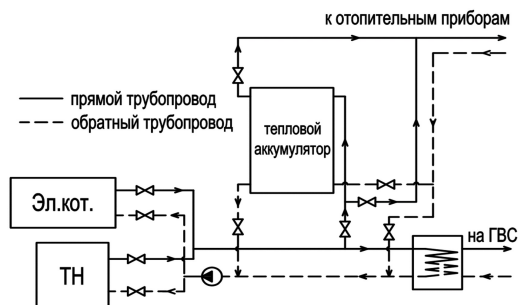


Рис. 1. Принципиальная схема работы теплового насоса и электродкотла при двухставочном тарифе

*А.В. Гарбух, К.И. Диянов, студенты; П.Н. Борисова, асп.;
рук. В.С. Агабабов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

ГЕНЕРАЦИЯ ХОЛОДА ДЛЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ

Одной из возможностей генерации холода для централизованных систем хладоснабжения, наряду с использованием абсорбционных пароконденсационных термотрансформаторов, является создание установки на базе детандер-генераторного агрегата (ДГА) и пароконденсационного термотрансформатора (ПКТТ) [1]. Установка включается на станциях технологического понижения давления транспортируемого природного газа (на газораспределительных станциях и газорегуляторных пунктах) в системе газоснабжения, параллельно дросселирующему устройству, частично либо полностью заменяя его. Для обеспечения работы установки используется лишь энергия потока природного газа без его сжигания, что позволяет отнести ее к разряду бестопливных, а использование ГРС и ГРП для создания установки является достаточно актуальным для России в связи с имеющейся развитой системой газоснабжения.

При проведении сравнительного анализа термодинамической эффективности централизованного хладоснабжения с применением разработанной установки, встроенной в схему тепловой электростанции, и децентрализованного хладоснабжения, при котором для производства холода используются установленные у потребителя термотрансформаторы пароконденсационного типа с электроприводом, в качестве критерия был принят эксергетический КПД. Результаты анализа показали, что термодинамическая эффективность энергоснабжения с применением разработанной установки оказывается выше во всем диапазоне рассматриваемых параметров [2]. Теоретические расчеты показали, что при использовании установки в системе газоснабжения энергетического блока мощностью 1000 кВт суммарная холодопроизводительность установки может составить до 8 кВт, которой, достаточно грубой оценке, будет достаточно для обеспечения вентиляции и кондиционирования производственных и бытовых помещений (примерно 70 м²) объекта генерации малой энергетики.

Литература

1. **Патент** на полезную модель № 158931 РФ / В.С. Агабабов, Ю.О. Байдакова, А.В. Клименко и др. / Бестопливная установка для централизованного комбинированного электро- и хладоснабжения / Приоритет 26.06.2015.
2. **Агабабов В.С., Борисова П.Н.** Термодинамический анализ схемы бестопливной установки для одновременной генерации электроэнергии и холода // Энергосбережение и водоподготовка. 2016. № 4. С. 39—45.

*А.В. Говорин, асп.; И.Д. Калякин, Б.А. Христенко, студенты;
рук. И.А. Султангузин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ЗДАНИЙ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АККУМУЛЯТОРОВ ТЕПЛА, ХОЛОДА И ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

В современных зданиях системы отопления, охлаждения, горячего водоснабжения используют возобновляемую энергию окружающей среды. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) характеризуются неравномерностью поступления, например, суточный цикл изменения потока солнечной энергии, переменный характер скорости и направления ветра. Совместное использование аккумуляторов тепла и холода с тепловыми насосами позволяет получить удобную для использования инженерную систему, а также максимально полно задействовать ВИЭ, снизить использование органического топлива.

Уже сейчас имеется много примеров, которые показывают насколько выгодно использовать систему: тепловой насос и тепловой аккумулятор [1]. Применение системы хранения тепла и холода позволяет сгладить пиковые нагрузки на энергосистему, снизить капитальные затраты на новые электростанции и электрические сети. При аварийных ситуациях система хранения позволяют минимизировать ущерб от прекращения электроснабжения, обеспечивая продолжение использования здания в нормативном режиме на время проведения ремонтных работ.

Существует большое количество видов тепловых аккумуляторов. В них могут применяться материалы с фазовым переходом, геотермальные зонды, строительные конструкции зданий, резервуары с жидкостью [2]. У каждого варианта есть свои плюсы и минусы.

Необходимо разработать алгоритм выбора системы аккумуляирования и типа теплового насоса в зависимости от климатических условий, типа здания, его характеристики, графика использования, наличия электроэнергии или ее дефицита. Существенное различие дневных и ночных тарифов может оказать стимулирующее влияние на создание системы хранения тепла и холода.

Литература

1. **CarbonellD., HallerM.Y., PhilippenD., FrankE.** Simulation of combined solar thermal and heat pump systems for domestic hot water and space heating // *Energy Procedia*. 2014. Vol. 48. P. 524—534.
2. **Navarro L., de Gracia A., Colclough Sh., et.al.** Thermal energy storage in building integrated thermal systems: A review. Part I. Active storage systems // *Renewable Energy*. 2016. Vol. 88. P. 526—547.

*Г.А. Гончаров, А.О. Третьяков, студенты; А.С. Маленков, асп.;
рук. Ю.В. Яворовский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АБСОРБЦИОННЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ НОВОГО ТИПА

Многообразие научных и научно-практических задач требует поиска новых решений в различных областях, в том числе в области передачи тепловой энергии. В литературе [1] описаны теплообменные устройства на базе абсорбционных теплотрансформаторов, обладающие уникальными характеристиками. Такие устройства представляют собой традиционную абсорбционную тепловую машину в комплексе с дополнительным теплообменным оборудованием, то есть фактически теплообменный аппарат, у которого температура греющего теплоносителя на выходе ниже, чем температура нагреваемого теплоносителя на входе в устройство. Это достигается путем полного внутреннего использования теплот конденсации и абсорбции рабочего агента, а также использования теплоты испарения для дополнительного охлаждения греющего теплоносителя. Кроме того, требуются некоторые затраты электроэнергии на привод внутренних циркуляционных насосов.

Рассматриваемое теплообменное устройство может применяться в различных областях техники, где из теплоты теплоносителя более высокого температурного уровня требуется получить больший расход теплоносителя с меньшим температурным уровнем. В частности, оно может применяться для создания систем централизованного теплоснабжения с пониженной температурой обратной сетевой воды.

В работе проведены расчеты базовых режимов работы устройства с использованием традиционных методов анализа абсорбционных машин [2]. Составлена модель устройства в расчетном комплексе AspenOne. Проведен анализ взаимовлияния внутреннего и внешнего контуров. Определены предельно достижимые значения температур в контурах при применении одноступенчатых бромистолитиевых абсорбционных трансформаторов в качестве основы рассматриваемых устройств.

Разработанный подход может применяться и к анализу подобных устройств более сложной конфигурации.

Литература

1. **Yin Zhang, Wenxing Shi, Yiping Zhang.** From heat exchanger to heat adaptor: Concept, analysis and application// Applied Energy. 2014. Vol. 115. P. 272—279.
2. **Мартынов А.В.** Установки для трансформации тепла и охлаждения. Сборник задач: учеб. пособие для вузов. М.: Энергомашиздат, 1989. 200 с.

Д.С. Давыдов, А.М. Кожокар, студенты; рук-ли В.Г. Хромченков, ст. преп.; Е.В. Жигулина, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ДОМЕННОГО ГАЗА ПЕРЕД ГАЗОВОЙ УТИЛИЗАЦИОННОЙ БЕСКОМПРЕССОРНОЙ ТУРБИНОЙ (ГУБТ)

В настоящее время в нашей стране и за рубежом эксплуатируется несколько десятков ГУБТ, установленных за доменными печами после аппаратов «мокрой» газоочистки и использующих избыточное давление доменного газа. Себестоимость электроэнергии, вырабатываемой ГУБТ, существенно ниже, чем на КЭС.

Часть отечественных турбин и все зарубежные работают по схеме без подогрева газа перед турбиной в смешивающем газоподогревателе за счет сжигания части доменного газа. При этом в турбине расширяется насыщенный парами воды доменный газ.

Расчеты процесса расширения насыщенного доменного газа в ГУБТ по методике Б.В. Сазанова [1] и исследования, подтвержденные испытаниями на Череповецком, Нижнетагильском и Карагандинском металлургических комбинатах, показали, что повышение температуры насыщенного доменного газа перед ГУБТ с 40°С (расчетная температура газа после существующих газоочисток) до 60—70 °С приводит к значительному увеличению мощности турбины (на 15—20 %).

Однако с увеличением температуры насыщенного газа перед турбиной наряду с ростом мощности ГУБТ возрастает и температура газа за ней, а следовательно, и его влагосодержание. Увеличение влагосодержания приводит к росту потерь тепла с уходящими газами у потребителей доменного газа, т.е. к перерасходу топлива, который зависит от температуры уходящих газов после аппаратов, потребляющих доменный газ в качестве топлива.

Проведенные авторами расчеты показали, что при учете только основных, постоянно действующих факторов, которые не зависят от способа повышения температуры, оптимума температуры насыщенного доменного газа на входе в ГУБТ не существует. Чем она будет выше, тем выше и технико-экономические показатели использования ГУБТ.

Для нахождения оптимальной температуры нужно учитывать все факторы, влияющие на целевую функцию, в том числе каким образом достигается увеличение температуры газа после аппаратов мокрой газоочистки. Но данный вопрос требует отдельного рассмотрения.

Литература

1. Сазанов Б.В. Доменные газотурбинные установки. М.: Металлургия, 1965.

Д.С. Давыдов, студ.; рук. А.В. Рыженков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОНДЕНСАТОРОВ ТЭС

Важной научно-технической задачей является повышение энергоэффективности ТЭС. Известно, что эффективность работы энергоблока напрямую зависит от эффективности конденсатора.

В настоящее время в мире существует ряд способов повышения эффективности конденсатора, среди них особенно выделяют интенсификацию теплообменных процессов при конденсации водяного пара путем перевода конденсации из пленочной в капельную. Капельная конденсация представляет собой образование отдельных капель на поверхности металла без образования сплошной пленки, что обеспечивает непосредственный контакт пара с поверхностью металла. Реализация капельной конденсации позволит увеличить коэффициент теплоотдачи на порядок [1].

Одним из путей перевода пленочной конденсации пара в капельную является гидрофобизация функциональных поверхностей конденсатора. Чем гидрофобнее поверхность, тем интенсивнее скатывание капель с поверхности и соответственно процесс теплообмена, следовательно, коэффициент теплопередачи конденсатора увеличивается.

На данный момент существует несколько методов получения свойства гидрофобности на поверхности путем формирования упорядоченного рельефа на функциональной поверхности конденсатора (лазерная абляция, химическое травление и т.д.).

Перспективным методом получения микро/наноструктурированного рельефа на функциональной поверхности конденсаторов считается лазерная абляция. Модификация функциональных поверхностей осуществляется структурированием микроканалов на поверхности за счет воздействия лазерного излучения фемто/наносекундного лазера (рис. 1).

Из вышесказанного следует, что изучение влияния характеристик структурированного рельефа на параметры капельной конденсации является перспективным.

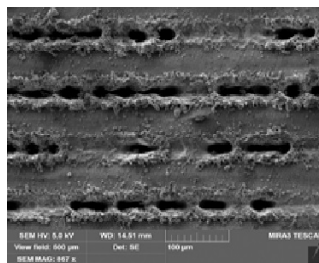


Рис. 1. Изображение модифицированной поверхности с использованием лазерного излучения

Литература

1. **Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А.** Тепломассообмен: учебное пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2005.

*И.Д. Калякин, А.А. Ашихмина, Б.А. Христенко, студенты;
А.В. Говорин, асп.; рук. И.А. Султангузин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИЙ ПАССИВНОГО И АКТИВНОГО ДОМА

Для России строительство энергоэффективных зданий с минимально возможным энергопотреблением – одна из основных задач при решении проблем энергосбережения. При решении этой проблемы нужно находить оптимальные варианты, как для северных регионов, так и для средней полосы и южных областей, с учетом особенностей каждого региона.

Также нужно рассматривать систему энергоснабжения таких зданий в экологическом аспекте. Минимизация выбросов вредных веществ и парниковых газов, эффективная утилизация отходов жизнедеятельности – один из путей повышения экологической безопасности. В связи с тем, что срок службы здания существенно превосходит срок использования инженерного оборудования, необходимо оценивать энергопотребление и воздействие на окружающую среду в течение всего жизненного цикла здания по экономическому критерию с учетом капитальных затрат на строительство, ремонты и демонтаж здания.

Так как в стране есть разные климатические зоны, то важно иметь эффективный инструмент для проектирования, чтобы учитывать особенности каждой из них. При реконструкции объекта важно прогнозировать последствия от вносимых изменений.

Целью данной работы является построение математической модели здания. Это поможет найти оптимальные параметры системы энергоснабжения, включающей в себя источники энергии, потребителей и коммуникации между ними, при которых будет достигнуто минимальное энергопотребление и наименьшее вредное воздействие на окружающую среду.

Результаты моделирования системы энергоснабжения жилого дома на основе реализации концепций активного и пассивного дома в условиях Московского региона показывают, что в суровых климатических условиях России возможно достижение нулевого баланса энергопотребления. При сочетании этих двух концепций достигается максимальное снижение энергопотребления зданий. Также увеличивается автономность зданий, снижается потребление невозобновляемых энергетических ресурсов.

Для повышения автономности зданий важную роль играют аккумуляторы энергии. В частности, сезонное аккумулирование излишков тепловой энергии в летний период от солнечных коллекторов позволит существенно сократить потребление энергии на отопление в осенний и зимний периоды.

РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАДИУСА ТЕМПЕРАТУРНОГО ВЛИЯНИЯ ОДНОСКВАЖИННОЙ СИСТЕМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЕПЛОТЫ ЗЕМЛИ

Геотермальная энергия — это тепловая энергия земных недр, которая относится к возобновляемым источникам энергии. Сравнительно новое в энергетике направление использует теплоту пород Земли, расположенных на глубинах более 1000 м. С ростом глубины ее температура растет, и уже на отметке 7 км может достигать 350 °С.

Для извлечения тепловой энергии возможно использовать односкважинную систему съема, представляющую собой теплообменный аппарат типа «труба в трубе», размещенный в скважине. Однако в процессе работы такой системы съема происходит захлаживание (нарушение естественного температурного поля) недр: в начальный момент времени температура пород около системы съема соответствует естественному значению, но в процессе работы эта величина неизбежно падает, достигая постоянного значения.

Захлаживание определяется радиусом температурного влияния — на таком расстоянии от трубы температура равна своему естественному значению. На основании проведенного расчетно-теоретического исследования по методике, описанной в [1] выявлено, что при использовании односкважинной системы в течение 25 лет радиус температурного влияния составит 14 м.

Моделирование этого процесса позволяет с достаточной точностью определять то количество теплоты, которое возможно извлечь в конкретном регионе.

Работа проводилась при финансовой поддержке Минобрнауки (Приказ Минобрнауки России о назначении стипендии Президента Российской Федерации на 2015-2017 годы от 10 марта 2015 года № 184).

Литература

1. Алхасов А.Б. Геотермальная энергетика: проблемы, ресурсы, технологии. М.: ФИЗМАЛИТ, 2008.

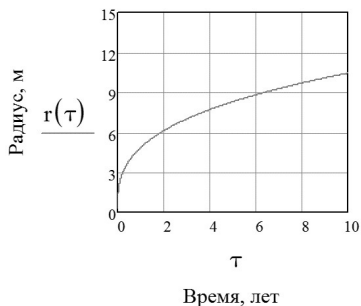


Рис. 1. Изменение радиуса температурного влияния односкважинной системы съема с течением времени

И.И. Кобзева, студ.; рук. В.И. Ситас, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ КОТЕЛЬНАЯ НА МЕСТНЫХ УГЛЯХ, ИСПОЛЬЗУЮЩАЯ ВОДОУГОЛЬНОЕ ТОПЛИВО. ПЕРСПЕКТИВЫ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Во многих регионах России имеются местные источники твердого топлива: торф, сланцы, бурый уголь и т.д. Низкое качество этого топлива (высокие влажность, зольность и серосодержание) часто не позволяют сжигать его в котлах по традиционным технологиям слоевого сжигания без предварительной подготовки. Поэтому актуальной задачей является разработка и апробация эффективных научно-технических решений по сжиганию твердых видов топлива.

Перспективным направлением является технология производства и сжигания водоугольного топлива (ВУТ) одновременно с утилизацией золы. При использовании местного топлива с содержанием серы более 0,2 % экологические параметры по вредным выбросам оксидов серы достигаются без применения специальных технологий сероочистки. Использование ВУТ также позволяет решить проблему с оксидами азота без внедрения специальных технологий их подавления [1].

На сегодняшний день технологические, экономические и экологические достоинства водоугольного топлива (ВУТ) подтверждены экспериментально в лабораторном котле мощностью 5 ГДж/ч. Они позволяют рассматривать ВУТ на отечественном рынке в качестве более дешевой альтернативы нефтяному топливу и в перспективе природному газу. По своим экологическим характеристикам ВУТ превосходит исходный уголь. Технологические и особенно экологические преимущества этого топлива (жидкое топливное состояние, взрыво- и пожаробезопасность, пониженные вредные выбросы газов и пыли), проявляются на всех стадиях его использования – при хранении, транспортировке и сжигании, что квалифицирует его как экологически чистое угольное топливо – ЭкоВУТ.[2]

Следующим этапом работ является масштабирование результатов, полученных на лабораторной установке, применительно к опытно-промышленной установке на основе угольного котла мощностью 5 ГДж/ч.

Литература

1. Патент РФ № 2144059, С10L 1/32, 04.02.1999 г.
2. Сазанов Б.В., Ситас В.И. Промышленные теплоэнергетические установки и системы: учеб. пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2014. 278 с.

А.М. Кожокарь, Д.С. Давыдов, студенты; рук-ли В.Г. Хромченков, ст. преп.; Е.В. Жигулина, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОВОЙ УТИЛИЗАЦИОННОЙ БЕСКОМПРЕССОРНОЙ ТУРБИНЫ (ГУБТ)

Одним из крупных источников ВЭР в черной металлургии является доменное производство. В результате доменного процесса из печи выходит доменный газ, потенциальная энергия которого может быть использована в газовых утилизационных бескомпрессорных турбинах для выработки электроэнергии.

Расчеты процесса расширения насыщенного доменного газа в ГУБТ по методике Б.В. Сазанова [1] показали, что повышение температуры доменного газа перед турбиной приводит к значительному увеличению мощности турбины.

Повышение температуры доменного газа перед турбиной можно осуществить тремя способами:

1. Повышением температуры охлаждающей воды на охладительный скруббер газоочистки без изменения ее расхода путем отключения градиентного оборотного цикла водоснабжения.

2. Уменьшением расхода воды на охладительный скруббер.

3. Подачей пара низких параметров в доменный газ перед ГУБТ.

Первый из предложенных способов повышения эффективности использования ГУБТ не требует каких-либо капитальных или эксплуатационных затрат, но позволяет экономить электрическую энергию в результате отключения циркуляционных насосов.

Применение второго способа связано со значительным (в 2-3 раза) сокращением расхода охлаждающей воды на газоочистку и, соответственно, существенным снижением как капитальных затрат на охладительный скруббер, так и эксплуатационных расходов на оборотный цикл водоснабжения.

Последний из рассматриваемых способов требует наличие неиспользуемого источника низкопотенциального пара (например, систем испарительного охлаждения клапанов доменных воздухонагревателей) и небольших капитальных затрат на паропровод.

Литература

1. **Сазанов Б.В.** Доменные газотурбинные установки. М.: Металлургия, 1965.

Л.И. Кожокарь, студ., А.С. Черных, асп.; рук-ли А.В. Федюхин, к.т.н., ст. преп.; И.А. Султангузин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОМПОНОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ВАЭС

В настоящее время на энергетическом рынке РФ наблюдается недостаток энергии в пиковые часы и переизбыток в ночное время. Поэтому является рациональным аккумуляция неиспользуемых ресурсов в ночное время для последующей компенсации пиковых нагрузок. Аккумулирование больших объемов электроэнергии осуществляется преимущественно посредством гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС). Однако наравне с ГАЭС представляется перспективным использование для этих нужд воздушно-аккумулирующих электростанций (ВАЭС) [1].

Для оценки возможности реализации воздушно-аккумулирующей электростанции (ВАЭС) актуально математическое моделирование различных схемных решений с разработкой возможных путей их оптимизации. Установлено, что адиабатические ВАЭС имеют лучшие в сравнении с газосжигающими показатели КПД и коэффициент возврата энергии. Для оценки фактических параметров принято решение о разработке различных вариантов экспериментального стенда, имитирующего работу адиабатической ВАЭС.

Принцип действия адиабатической ВАЭС состоит в следующем: в процессе зарядки сжатый компрессором воздух отдает тепло маслу, поступающему в масляный тепловой аккумулятор. При разрядке горячее масло нагревает воздух перед срабатыванием на турбине, повышая его потенциал. Основной особенностью адиабатической ВАЭС является аккумулярование тепловой энергии, выделяющейся в процессе работы компрессорного оборудования во время «зарядки» — закачивания воздуха в воздушный аккумулятор с последующим использованием энергии для повышения потенциала воздуха перед его срабатыванием на турбинном агрегате.

Проведенный анализ возможностей комплектации стенда показывает определенную инвариантность его исполнения, в частности, с одной стороны, исходя из соображений импортозамещения, с другой стороны, из соображений увеличения диапазона варьирования рабочих параметров установки с учетом стоимостных аспектов.

Литература

1. **Повышение** эффективности электроснабжения технологических объектов системы газораспределения за счет применения автономных источников электроэнергии на базе детандерных электроагрегатов с роторным и шестеренным приводом / А.С. Черных, В.А. Карасевич, А.А. Яковлев и др. // Наука и техника в газовой промышленности. 2016. № 1.

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ НА НУЖДЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

При разработке схем теплоснабжения городов особое внимание уделяется расчету перспективной тепловой нагрузки объектов новой застройки, которая складывается из расходов тепла на отопление, горячее водоснабжение (ГВС) и вентиляцию.

Завышение тепловых нагрузок потребителей приводит к следующим негативным последствиям:

- неправильному определению величины резерва или дефицита тепловых нагрузок источников централизованного теплоснабжения;
- неправильному определению перспективных гидравлических режимов тепловых сетей;
- дополнительным капитальным затратам при строительстве новых источников теплоснабжения с избыточными тепловыми мощностями;

Организации-застройщики чаще всего осуществляют расчет максимальной нагрузки ГВС возводимых зданий по упрощенной методе:

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{макс}} = Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср}} k_{\text{ч}},$$

где $Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср}}$ — средняя нагрузка ГВС, Гкал/ч; $k_{\text{ч}}$ — коэффициент часовой неравномерности потребления ГВС (принимается равным 2,5).

В результате максимальное значение нагрузки ГВС превышает среднее значение на 250 %, что не соответствует действительности.

Для оценки фактической величины максимального расхода тепла на ГВС использовались данные почасового учета отпущенной тепловой энергии от Ижевской ТЭЦ-1 за три месяца неотапительного периода в 2015 г. (рис. 1). По результатам анализа среднее значение коэффициента $k_{\text{ч}}$ в июне составляло 0,193, в июле — 0,145, в августе — 0,176.

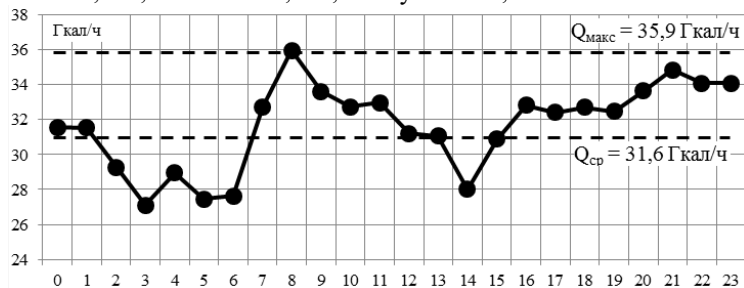


Рис. 1. Отпуск тепловой энергии с горячей водой на нужды ГВС от Ижевской ТЭЦ-1 по часам за 1.06.2015 г.

П.А. Королёва, студ.; рук. Н.А. Логинова, к.т.н., с.н.с. (НИУ «МЭИ»)

НОВЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛЫХ СТЕКЛЯННЫХ МИКРОСФЕР

В настоящее время полые стеклянные микросферы находят все большее применение в различных отраслях промышленности. Благодаря своим уникальным свойствам, таким как низкая удельная и насыпная плотности; стойкость к агрессивным средам; высокая термостойкость и низкая теплопроводность они прекрасно подходят в качестве дисперсного наполнителя в композиционных теплоизоляционных материалах нового поколения. Такие материалы могут совмещать в себе свойства легковесной полимерной теплоизоляции, обладающей низкими плотностью и теплопроводностью, и конструкционных и защитных материалов с высокими механическими и прочностными характеристиками. Использование различных связующих (органические и кремнийорганические компаунды, неорганические связки, полимерные смолы, цементы) позволяет получать широкую номенклатуру теплоизоляционных конструкций различного назначения.

В НЦ «Износостойкость» в настоящее время ведутся разработки теплоизоляционных материалов двух типов на основе полых стеклянных микросфер. Первый является гибкой быстромонтируемой теплоизоляцией для эксплуатации на трубопроводах, изготавливается на основе органосилоксанового каучука, обладает низкой теплопроводностью (при $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\lambda = 0,0493\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$), защищает поверхность трубопровода от коррозии и контактов с агрессивными средами, имеет предельную температуру эксплуатации до 300°C , и относится к группе пожароопасности Г0 (негорючий). Применение данного материала позволяет снизить тепловые потери на 10% и увеличить межремонтный интервал в 1,5—2 раза по сравнению с минеральной ватой. Второй – высокотемпературный (до $700\text{ }^{\circ}\text{C}$) теплоизоляционный конструкционный материал, предназначенный для обмуровки теплового и энергетического оборудования без применения дополнительных несущих конструкций. Данный материал изготовлен на основе фосфатного связующего и микросфер, имеет прочность на сжатие не менее 2 МПа и плотность $0,52\text{ г/см}^3$, что позволяет его отнести к классу ультра-легковесов.

Данные материалы превосходят существующие в настоящее время на рынке аналоги по многим характеристикам и в перспективе смогут заменить дорогостоящую импортную продукцию.

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ МОНГОЛИИ

Направление развития энергетики Монголии — это теплофикация, и 98 % производства электроэнергии осуществляется только на ТЭЦ. Известно, что при использовании теплофикации можно производить один киловатт-час электроэнергии с очень низким расходом топлива [1], порядка 160 граммов условного топлива на 1 кВт·ч [2]. В последние годы в центральной региональной энергосистеме в зимнее время максимальная нагрузка превышена на 80 МВт от общей установленной мощности источников. Потребность в электрической мощности к 2020—2025 годам оценивается на уровне 1100 МВт [2]. В настоящее время установленная электрическая мощность составляет 990 МВт, т.е. потребность в будущем составит 110—150 МВт.



Выявлены причины нехватки установленной мощности ТЭЦ:

1. Рост потребления электроэнергии в городе Улан-Баторе.
2. Рост потребления теплоэнергии в городе Улан-Баторе.
3. Устаревшее оборудование в части низкого давления ТЭЦ-3.
4. Использование редуционно-охладительных установок (РОУ).

Поэтому потеря равновесия в соотношении производства электроэнергии и теплоты увеличивает затраты на производство электроэнергии. Для решения указанных проблем реализуется проект модернизации ТЭЦ-3 и ожидается строительство ТЭЦ-5.

Литература

1. Намхайням Б. Системы теплоснабжения. Улан-Батор, 2015. 405 с.
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети, М.: Энергоиздат, 1982. 360 с.

*А.В. Люляев, Н.О. Медведева, студенты; Д.О. Романов, асп.;
рук-ли: Ю.В. Яворовский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»);
В.В. Сенников к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ДЛЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В условиях распространенности централизованного теплоснабжения и обширной протяженности тепловых сетей в России особенно важно обеспечивать надежность и эффективность функционирования всех элементов производства, транспортировки и потребления тепловой энергии, а также возможность подключения новых тепловых нагрузок с минимальными затратами [1]. Одним из устройств, способных обеспечить повышение эффективности регулирования отпуска тепловой энергии, является термогидравлический распределитель (ТГР) [2].

Как показывают расчеты, использование ТГР в системах централизованного теплоснабжения позволяет

- снизить располагаемый напор сетевых насосов и их мощность, что позволит сократить как капитальные затраты на насосы, так и потребление электрической энергии;
- с помощью маломощных насосов, работающих отдельно на каждый контур теплоснабжения, гибко производить регулирование температурного режима каждого потребителя и устранить «недотопы» или «перетопы»;
- осуществлять подключение новых потребителей без дополнительной наладки тепловой сети.

Исследование заключается в построении математической модели гидравлической системы с термогидравлическим распределителем, к которому подключено несколько независимых контуров теплоснабжения конечных потребителей. Данная модель позволяет подобрать необходимые геометрические и гидравлические параметры ТГР, определить режимы, при которых обеспечивается устойчивое функционирование системы, а также рассчитать гидравлические параметры для выбора низконапорных циркуляционных насосов потребителей.

Литература

1. **Соколов Е.Я.** Теплофикация и тепловые сети. М.: Издательство МЭИ, 2001.
2. **Применение** термогидравлического распределителя в системах централизованного теплоснабжения / В.В. Сенников, А.А. Генварёв, Ю.В. Яворовский и др. // Вестник ИГЭУ. 2009. № 4. С. 27—30.

Д.В. Макаров, студ.; Л.А. Кашипова, асп.;
рук. Л.В. Плотникова, к.т.н., доц. (КГЭУ, г. Казань)

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Современные теплоэнергетические системы представляют комплекс взаимосвязанных аппаратов. Аппараты различаются по назначению, расположению в технологической цепочке. Цепочки характеризуются наличием обратных связей, т.е. возвратных потоков энергии и вещества. Эти связи превращают теплоэнергетическую систему в многоконтурную схему, где параметры выходных элементов потоков влияют на входные параметры. Расчет таких систем сопровождается многочисленными итерациями [1]. Для решения проблемы итераций предлагается использовать структурный анализ, позволяющий превратить замкнутую систему в разомкнутую разрывом ряда связей.

Перед выполнением структурного анализа необходимо представить теплоэнергетическую систему в виде матрицы, в которой количество строк и столбцов равно количеству элементов в схеме. Перемножение матрицы саму на себя позволяет выявить замкнутые цепочки элементов. Далее проводится анализ выявленных цепочек для выявления разрываемых потоков энергии и вещества.

Для выполнения структурного анализа теплоэнергетических систем написана программа на языке C# 5.0 с использованием среды программирования Microsoft Visual Studio 2015 [2]. Программа имеет удобный интерфейс для ввода матрицы. Программа выводит каждое перемножение, отображает найденные разомкнутые и замкнутые цепочки элементов, условно разрываемые потоки, т.е. программа находит кратчайшую последовательность расчета теплоэнергетической системы без итераций.

Пример результата работы программы по нахождению условно разрываемых потоков представлен на рис. 1, где показаны найденные контуры, матрица контуров и выявленные условно разрываемые потоки.

Поиск циклов	Разбиение циклов	Перемножение
Все найденные контуры:		
1: 4 7 11		
2: 4 6 9 11 12		
Матрица циклов(контуров):		
4 6 7 9 11 12		
1 1 0 1 0 1 0		
2 1 1 0 1 1 1		
Разрываем поток 4		
Контуры в которые входит данный поток: 1 2		
Последний разрываемый поток: 6		

Рис. 1. Результат работы программы

Литература

1. Попырин Л.С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок. М.: Энергия, 1978.
2. Программная реализация системного анализа сложноструктурированной химико-технологической схемы нефтехимического производства / Л.В. Плотникова, А.А. Звгинцев, Л.А. Кашипова и др. // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 8.

М.А. Максимова, Ю.В. Жгун, студенты; рук-ли Е.В. Жигулина, к.т.н., доц.; В.Г. Хромченков, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ПАНЕЛЬНОГО ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

Система панельного лучистого отопления (СПЛО) представляет собой одну из самых инновационных систем обогрева помещений. Принцип ее действия заключается в нагревании предметов и пола в отапливаемом помещении потоком лучистой энергии, переносимой электромагнитными волнами инфракрасного диапазона. Далее тепло, исходящее от этих предметов, нагревает воздух, таким образом, распределение тепла в помещении осуществляется снизу.

Достаточно большая поверхность капиллярной структуры обеспечивает наилучший теплообмен между поверхностями. Система позволяет понизить температуру нагрева теплоносителя в режиме отопления, и повысить ее в режиме охлаждения, обеспечивая высокую эффективность теплопередачи, благодаря чему создается комфортный и здоровый микроклимат помещения. Благодаря большому числу плотно установленных трубок система отличается эффективной теплоотдачей, вследствие чего требуются невысокие температуры теплоносителя (30 °С на подаче/25 °С на возврате) [1, 2].

В странах Западной Европы потолочные системы лучистого отопления все чаще используются в строительстве нового жилого фонда и при реставрации исторических зданий, а также на промышленных объектах. Следует отметить, что в нашей стране такие системы встречаются редко.

Расчет отопительной системы жилого здания, оборудованного СПЛО показал, что расчетная отопительная нагрузка на 25-30 % ниже по сравнению с традиционным радиаторным отоплением.

В представленной работе проведен анализ СПЛО в сравнении с традиционной радиаторной отопительной системой зданий, рассмотрены преимущества и недостатки систем панельно-лучистого охлаждения, проведен анализ некоторых реализованных проектов использования СПЛО в России и в Европе.

Панельные отопительные и охлаждающие системы имеют целый ряд преимуществ, как с точки зрения энергосбережения, так и для потребителей, так как с их помощью обеспечивается значительно более комфортный и здоровый климат в помещении, чем при использовании радиаторов.

Литература

1. **Кувшинов Ю.Я., Баранов А.В., Шилкин Н.В.** Рекомендации АВОК «Системы отопления с потолочными подвесными излучающими панелями» // Р НП «АВОК» 4.1.6–2009.
2. **GeoClimaDesign AG.** [Электронный ресурс]. URL: <http://www.geoclimadesign.com/>.

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПОНИЖЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ ОБРАТНОЙ СЕТЕВОЙ ВОДЫ

Развитие систем централизованного теплоснабжения является важнейшей научно-технической проблемой. Одним из направлений исследований является определение способов снижения температуры обратной сетевой воды. Решение этой задачи приведет к ряду положительных факторов, таких как:

- возможности использования теплоты пара, идущего в конденсатор, в теплофикационных пучках;
- росту отпуска тепловой энергии от источника, что позволит увеличить выработку электроэнергии на базе теплового потребления;
- увеличению пропускной способности существующих тепловых сетей.

В литературе рассмотрены способы охлаждения обратной сетевой воды с помощью парокомпрессионных тепловых насосов, однако они часто не являются энергоэффективным решением, поскольку приводят к большим затратам электроэнергии.

В работе рассматривается альтернативный вариант охлаждения обратной сетевой воды с помощью абсорбционных теплообменных устройств, установленных на центральных тепловых пунктах [1]. Теплота абсорбции и конденсации в такой схеме используется для нагрева теплоносителя в контуре потребителя, а испаритель используется для охлаждения обратной сетевой воды. Проведен анализ влияния предлагаемых решений на работу теплоэлектроцентрали на примере турбины Т-100-130 с помощью аналитических многофакторных тепловых характеристик [2]. Расчеты показывают увеличение выработки электроэнергии на базе теплового потребления при сопоставимых режимах работы традиционной и предлагаемой систем. Также определено снижение требуемой электрической мощности сетевых насосов за счет снижения расхода сетевой воды. Таким образом, показана перспективность рассматриваемых решений и необходимость их дальнейшей проработки.

Литература

1. A new type of district heating method with co-generation based on absorption heat exchange / Yan Lia, Lin Fua, Shigang Zhanga et al. // Energy conversion and management. 2011. Vol. 52. P. 1200—1207.
2. Гиршфельд В.Я., Князев А.М., Куликов В.Е. Режимы работы и эксплуатации ТЭС. М.: Энергия, 1980. 287 с.

А.А. Никулина, студ., В.Н. Кривоконь, асп.; рук-ли Е.В. Жигулина, к.т.н., доц.; В.Г. Хромченков, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ХРАНЕНИЯ СПГ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО НА ТЭС В КАЧЕСТВЕ РЕЗЕРВНОГО ТОПЛИВА

Работа посвящена исследованию возможности повышения эффективности эксплуатации топливного хозяйства тепловых электрических станций (ТЭС) за счет перехода от использования в качестве резервного топлива мазута на сжиженный природный газ, производимый на самой станции. В работе предложены оригинальные схемы реконструкции существующих топливных хозяйств газоиспользующих ТЭС, позволяющие создавать, хранить и использовать необходимое количество нового вида резервного топлива — сжиженного природного газа [1]. Эти схемы связаны непосредственно с системой подготовки поступающего на ТЭС природного газа, где вместо его дросселирования предлагается снижать давление в детандере. Такое техническое решение позволяет производить дополнительную электроэнергию и глубоко охлаждать газ.

В [2, 3] авторами были представлены результаты моделирования процесса расширения природного газа двух составов с различным содержанием высококипящих фракций в программном комплексе ASPEN PLUS, которые подтвердили работоспособность предложенных схемных решений. Проведены исследования зависимостей выхода конденсата и выработки электроэнергии от начальных параметров потока и от состава природного газа. Дальнейшие расчеты показали, что выбор конкретного схемного решения зависит в первую очередь от состава природного газа. Выбор типа и технических параметров хранилища зависит от компонентного состава получаемого газового конденсата, что, в свою очередь, оказывает существенное влияние на стоимость всего проекта. Например, для природного газа с высокой долей высококипящих фракций объем хранилища примерно на 25% меньше, чем для газа, состоящего преимущественно из метана, характерного для московского региона.

Литература

1. Патент на полезную модель № 152385. (РФ). Система для подготовки природного газа к сжиганию в котлоагрегатах / Е.В. Жигулина, В.Г. Хромченков, В.М. Кривоконь.
2. Жигулина Е.В., Кривоконь В.М., Хромченков В.Г. Анализ возможностей использования турбодетандера на потоке топливного газа компрессорной станции // Тр. Седьмой всероссийской школы-семинара «Энергосбережение – теория и практика». М.: Издательский дом МЭИ, 2014.Т.1.
3. Zhigulina Y., Khromchenkov V., Krivokon V. Increasing Efficiency of fuel Supply Systems at Thermal Power Plant// Proceedings of the International Academic Forum AMO-SPITSE-NESEFF. Smolensk: Publishing «Universum», 2016.

*М.А. Петракович, И.Р. Абдулгужина, студенты; рук. С.В. Матвеев, асс.
(МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

ПРИМЕНЕНИЕ ПГУ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЕПЛОТВОДЕ ОТ СТАЛИ

В 2015 году количество выплавляемой стали достигло 1,6 млрд. тонн. С каждой тонны разливаемой стали в процессе охлаждения и формообразования отводится порядка 1400 МДж тепловой энергии в окружающую среду на температурном уровне, не превышающем 100 °С. Предложен способ разливки стали на жидкометаллический теплоноситель (сплав свинец-висмут). В зависимости от теплотехнического принципа организации теплообмена возможно получить температурные уровни нагрева до 200 °С и от 1500 до 1593 °С. Использование теплоты разливаемой стали в предложенном методе не было четко обозначено.

Известно, что в температурной области от 200°С до 1500°С работает энергетическое оборудование для генерации электроэнергии (ПТУ, ГТУ, ПГУ). Ранее в работах исследовались возможности использования ГТУ и ПТУ для генерации электроэнергии на теплоте разливаемой стали. Совместно они составляют бинарный цикл ПГУ. Была разработана принципиальная схема использования тепловой энергии разливаемой стали для генерации электроэнергии с помощью ПГУ, работающей по замкнутому циклу. По предварительным результатам, такая схема при КПД ПГУ порядка 60 % может позволить сгенерировать около 234 кВт·ч электроэнергии на тонну разливаемой стали. В разрабатываемой схеме узлом передачи тепловой энергии стали в бинарный цикл ПГУ является теплообменный аппарат, в котором с помощью промежуточного жидкометаллического теплоносителя теплота разливаемой стали передается рабочему телу, циркулирующему в ГТУ по замкнутому циклу. Для этого был выбран теплообменник контактного типа. Главным условием является отсутствие химического взаимодействия между теплоносителем и рабочим телом ГТУ. Наиболее подходящим является гелий, он не вступает в химические реакции и не образует химические соединения с жидкометаллическим теплоносителем.

В основе определения величины интенсивности теплообмена была принята модель обтекания круглой капли противоточным потоком газа. В результате расчетов коэффициент теплоотдачи составил $\alpha = 10121 \text{ Вт/м}^2$. Геометрические размеры теплообменника при диаметре капли в 5 мм, составили: диаметр корпуса 7,42 м и высота 7,11 м. Время охлаждения капли 0,93 с.

*O. Pryputa, student; supervisors Prof. Dr.-Ing. Günter Mügge /
B. Lanzke M. Eng., (BTU, Cottbus- Senftenberg, Germany)*

МЕЖСЕЗОННЫЙ АККУМУЛЯТОР ТЕПЛА НА ОСНОВЕ ЦЕОЛИТА

На сегодняшний день одной из проблем на пути развития энергетики является аккумуляция и сохранение энергии. Это касается также и тепловой энергии. С началом политики перехода на альтернативные источники для энергии начали активно использоваться солнечные тепловые коллекторы для нужд отопления и горячего водоснабжения. Однако в то время, как в теплые месяцы солнечного излучения хватает с избытком, холодные месяцы не позволяют покрыть потребности в тепловой энергии при условии сохранения разумных пропорций площади коллекторов к жилой площади. В целях сохранения излишков тепла в теплые месяцы и использования их в холодные, разрабатываются так называемые межсезонные аккумуляторы тепла.

Одним из проектов с использованием аккумулятора такого типа является проект Autartec, ведущийся в регионе Южный Бранденбург/Восточная Саксония, Германия. Проект заключается в проектировании и строительстве полностью автономного плавучего жилого дома [1].

В настоящее время основным типом технологического процесса в межсезонных аккумуляторах является теплоемкостная аккумуляция, тепловое аккумулирование энергии твердыми и жидкими телами за счет изменения температуры вещества. При этом для достижения нужной тепловой емкости и уменьшения тепловых потерь потребуется достаточно много пространства и привязка к земле [2]. Так как эти условия не удовлетворяют требованиям проекта Autartec, в проекте планируется использование другого типа межсезонного аккумулятора — термохимического. В докладе представлены принцип работы и компьютерное моделирование термохимического аккумулятора тепла на основе материала цеолит.

Литература

1. **Domschke H.** Energieautarkie – Stand von Technik und Wissen // Energiewirtschaftliches Kolloquium, Dresden, 2015.
2. **Schossig P.:** Wärme- und Kältespeicherung - Stand der Technik und Perspektiven. 2010.

С.А. Прищепова, студ.; рук-ли И.А. Султангузин, д.т.н., проф.;
А.В. Федюхин, к.т.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ИЗОМЕРИЗАЦИИ И УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА В АБХМ

Выявление и использование вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) — одно из важнейших направлений повышения эффективности промышленного оборудования. Одним из эффективных направлений утилизации ВЭР является производство холода в АБХМ для предприятия, технологические процессы которого требуют его при его различных температурах охлаждения.

В данной работе приведен вариант применения АБХМ на примере цеха изомеризации нефтеперерабатывающего завода (НПЗ).

На установке изомеризации легкой нефти для ведения технологического процесса используется значительное количество пара с различными технологическими параметрами. Пар поступает от котельной завода, куда возвращается конденсат после установок.

В более ранних работах у данной установки был выявлен недостаток — недоохлаждение верхних продуктов за колоннами деизогексанизации (ДИГ) и деизопентанизации (ДИП). В работах была рассмотрена колонна ДИГ, как наиболее энергоемкая часть установки изомеризации. В качестве решения было предложено установить 2 АБХМ, которые будут способствовать полной конденсации продукта. Полная конденсация верхнего продукта колонны позволит увеличить ее производительность [1].

Однако следует учесть не только производственный эффект мероприятия, но и энергетический. Для этого нужно рассмотреть данную проблему с точки зрения системного подхода. Установка АБХМ повлияет на температуру возвратного конденсата в котельную, а именно снизит ее. В тоже время для производства такого же количества пара в котельной потребуются больший расход топлива. Еще одним возможным эффектом является снижение потребления электроэнергии на аппаратах воздушного охлаждения цеха, т.к. часть нагрузки возьмут на себя АБХМ.

Чтобы оценить все возможные эффекты от мероприятия по установке АБХМ, нужно выполнить математическое моделирование процессов изомеризации и утилизации тепла в АБХМ. Данная модель может быть выполнена с помощью программных пакетов ASPEN HYSYS и ASPEN PLUS.

Литература

1. Прищепова С.А., Султангузин И.А. Применение АБХМ в нефтеперерабатывающей промышленности и их моделирование в ASPEN PLUS. ТР. // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тез.докл. XXI межд. научно-технической конф. студентов и аспирантов. В 4 т. Т 3. М.: Издательский дом МЭИ, 2015. С. 182.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В г. СТАРАЯ КУПАВНА

В соответствии с действующим законодательством основным инструментом развития инфраструктурных систем территорий, включающих и системы теплоснабжения, является разработка и реализация мероприятий, направленных на повышение энергетической эффективности и экономию энергоресурсов. В результате анализа основных проблем теплоснабжения в г. Старая Купавна было определено следующее.

1. Объекты производства и передачи тепловой энергии выработали свой ресурс.

2. Располагаемая мощность источника тепловой энергии не покрывает подключенную нагрузку.

3. Пропускная способность тепловых сетей недостаточна.

4. Низкое качество воды, подаваемой от источника тепловой энергии потребителям.

5. Значительные потери энергоресурсов.

Для решения этих проблем и повышения надежности и качества теплоснабжения необходима разработка следующих мероприятий:

- Реконструкция и перевод в водогрейный режим 5 котлов ДЕ25-14-225ГМ.

- Реконструкция тепловых сетей. Замена 15 км магистральных тепловых сетей с использованием трубопроводов с ППУ и ППМ изоляцией. Создание кольцевой схемы тепловой сети.

- Переход к закрытой схеме теплоснабжения города.

- Организация режима химводоподготовки.

- В целях покрытия собственных нужд котельной, повышения ее эффективности, а также увеличения отпуска тепловой энергии, предлагается внедрение когенерационных установок на базе газопоршневых установок малой мощности.

Внедрение этих мероприятий позволяет получить следующие эффекты:

1. Повышение коэффициента использования топлива на котельной до 88 %.

2. Снижение тепловых потерь при производстве и передаче тепловой энергии на 25 %, значительное снижение необоснованных затрат при производстве, распределении и потреблении тепловой энергии.

3. Снижение расхода подготовленной воды на подпитку тепловых сетей на 75 %.

4. Повышение надежности и качества теплоснабжения.

5. Снижение расходов населения на коммунальные платежи.

*Д.О. Романов, асп.; Н.О. Медведева, студ.;
рук. Ю.В. Яворский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ЮЖНЫХ РЕГИОНОВ

По результатам данной работы было определено, что продолжительность работы перспективных систем централизованного холодоснабжения для г. Москвы составляет около 600 часов в год. В то время как системы отопления работают около 4900 часов в год. Кроме того, диапазон плотности тепловой нагрузки примерно в 2-3 раза выше, чем диапазон плотности нагрузки холодоснабжения в условиях г. Москвы. Все это говорит о не самых благоприятных предпосылках для развития систем централизованного холодоснабжения в г. Москве и как следствие прогнозируемых высоких тарифах на холод. Однако в южных регионах такие системы могут иметь показатели заметно лучше.

В условиях субтропического климата существует практически круглогодичная необходимость в охлаждении воздуха в зданиях. В работе [1] было проведено сравнение системы централизованного (ЦСХ) и децентрализованного холодоснабжения (ДСХ) на основе парокомпрессионных машин для проектируемых районов г. Гонконг (Китай). Рассматривался район с 37 общественными и административными зданиями, максимальное расстояние от источника до наиболее удаленного потребителя составило 1,2 км. Температурный график 7°C /12 °C. В результате анализа оказалось, что годовое потребление энергии ЦСХ на 15 % ниже, чем ДСХ.

Другим примером служит тригенерационная станция [2], вырабатывающая 1,7 МВт электрической энергии, 1,3 МВт теплоты и 2 МВт холода для нужд 18 коммерческих зданий в Мадриде. Основным оборудованием станции являются двигатель внутреннего сгорания, абсорбционная холодильная машина, солнечный коллектор и пиковые источники (котел и парокомпрессионная холодильная машина).

Централизованные системы холодоснабжения и тригенерационные системы могут сооружаться в южных плотно населенных регионах. К таким регионам можно отнести Ростов-на-Дону, Краснодар, Севастополь, где можно использовать зарубежный опыт при создании таких систем.

Литература

1. **Gang W., Wang S., Gao D.** Performance assessment of district cooling systems for a new development district at planning stage // *Applied Energy*. 2015. 140. P. 33—43.
2. **Rodriguez-Aumente PA et al.** District heating and cooling for business buildings in Madrid // *Applied Thermal Engineering*. 2013. 50. P. 1496—1503.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК И ТЕПЛОВЫХ ТРУБ

Для решения проблем энергосбережения в последнее время большое внимание уделяется использованию в системах теплоснабжения теплонасосных установок (ТНУ) и тепловых труб (ТТ) [1,2,3].

Применение гладкостенных (гравитационных) ТТ для транспорта теплоты от низкопотенциального источника тепла (НИТ) к испарителю ТНУ вместо традиционно используемых насосов с электроприводом, осуществляющих циркуляцию промежуточного теплоносителя, позволяет существенно сократить потребление топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в системах теплоснабжения на основе ТНУ. К примеру, экономия электроэнергии в системе составляет от 5 до 30% [3].

Разработанный способ комбинированного использования ТТ-ТНУ позволяет заменить затрачиваемую электроэнергию на привод насосов для подачи теплоносителя от НИТ к испарителю ТНУ на работу гравитационных сил.

В данной работе модернизируется математическая модель, описывающая теплоперенос от НИТ через ТТ и ТНУ к потребителю, с учетом сопряженного теплообмена между теплоносителями, предложенная в [3]. Показано влияние гидравлических потерь в паровой фазе на рабочие характеристики всей системы и разрабатывается алгоритм ее расчета. Приводятся результаты энергетической и экономической эффективности использования комплекса ТТ-ТНУ в зависимости от различных факторов.

В рассматриваемом случае гравитационные ТТ по своим конструкционным особенностям существенно отличаются от общепринятых. В частности, конденсатор тепловой трубы совмещается с испарителем ТНУ в единой конструкции.

Литература

1. **Васильев Г.П., Абуев И.М., Горнов В.Ф.** Автоматизированная теплонасосная установка, утилизирующая низкопотенциальное тепло сточных вод г. Зеленограда // АВОК. 2004. № 5. С. 50—52.
2. **Фролов В.П., Шелгинский А.Я.** Тепловые трубы в системах теплоснабжения // Энергосбережение. 2004. № 6. С. 58—61.
3. **Рудицер М.И., Шелгинский А.Я.** Системы теплоснабжения на основе комплексного использования теплонасосных установок и тепловых труб // Сборник докладов 4-й международной научно-практической конференции «Энергосбережение в системах тепло – и газоснабжения. Повышение энергетической эффективности». Санкт-Петербург, 28 – 30 мая. 2013. С. 99—104.

*А.С. Сафронов, П.А. Комарницкий, студенты;
рук-ли В.К. Пыжов, к.т.н., доц.; Н.Н. Смирнов, доц. (ИГЭУ, г. Иваново)*

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО МИКРОКЛИМАТА НА ТРЕНАЖЕРЕ БЦУ АЭС

Оперативный персонал, выполняющий монотонную работу, требующую внимательности и оказывающую нервно-эмоциональную нагрузку, при постоянных поддерживаемых системой кондиционирования воздуха метеорологических параметрах в помещении утомляется, у персонала снижается работоспособность. Последнее может привести к непоправимым последствиям. Для повышения уровня комфортности и сохранения высокой работоспособности целесообразно применить системы, позволяющие создавать микроклимат с динамически изменяющимися параметрами — динамический микроклимат [1, 2].

Целью работы является создание математической модели, описывающей нестационарные (динамические) процессы тепло- влагообмена в помещениях, где персонал трудится с нервно-эмоциональной нагрузкой. В общем случае модель должна учитывать нестационарные процессы теплообмена через различные ограждающие конструкции, организацию воздухообмена и распределения воздушных потоков при создании динамического микроклимата. Предлагаемый вариант математической модели реализуется на примере тренажера полномасштабной модели БЦУ АЭС.

Создаваемая математическая модель включает уравнения Навье-Стокса, уравнения теплопроводности, эмпирические уравнения и соотношения, описывающие закономерности распределение воздушных потоков для различных типов воздухораспределителей и схем организации воздухообмена и реализуется в программном комплексе Comsol Multiphysics. Адекватность разрабатываемой математической модели проверяется путем тестирования каждого ее уравнения в отдельности.

В настоящее время проводится тестирование уравнений модели, описывающих теплообменные процессы в ограждающих конструкциях и воздухообмен в помещении тренажера БЦУ АЭС.

Литература

1. **Ловцов В.В.** Системы кондиционирования динамического микроклимата помещений / В. В. Ловцов, Ю. Н. Хомуцкий. Л. : Стройиздат, 1991.
2. **Гаранин А.В.** Разработка систем динамического микроклимата и создание на их основе энергосберегающих режимов работы оборудования: дисс. ... канд. техн. наук: 05.14.04. Иваново: Б.И., 2010.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ ЦТП К ИТП

Развитие систем теплоснабжения должно осуществляться с учетом установки индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) и постепенной ликвидации центральных тепловых пунктов (ЦТП).

Переход на ИТП позволит обеспечить:

- переход от четырехтрубной системы теплоснабжения к двухтрубной с ликвидацией трубопроводов горячего водоснабжения с соответствующим сокращением расходов и теплопотерь [1];
- предотвращение проникновения гидроударов из теплосети в подключенные к ЦТП здания;
- возможность регулирования температурных и гидравлических режимов в зависимости от желаний жителей;
- независимость каждого отдельного здания.

Однако внедрение ИТП не всегда целесообразно. Установка дорогостоящего оборудования в зданиях с низким энергопотреблением некупается. Соответственно, в таких зданиях необходимо обеспечить регулирование за счет недорогих регуляторов [2].

Также, несмотря на очевидные выгоды, установка ИТП зачастую не поддерживается собственниками помещений, так как в соответствии с жилищным кодексом ИТП является общедолевой собственностью собственников квартир, расходы на их эксплуатацию и ремонт должны оплачиваться жителями.

В результате проведенных расчетов было показано, что в городе Химки переход на ИТП в рассмотренных условиях эффективен. Экономия тепловой энергии от автоматизации ЦТП составляет около 10 % от годового потребления на отопление, а при ИТП — как минимум 25 %. Экономия энергоресурсов и затрат в результате перевода теплоснабжения с ЦТП на ИТП составит в стоимостном выражении 1,2 млн рублей в год. Сроки окупаемости разработанных энергосберегающих мероприятий составляют: 1-й вариант (переход с ЦТП на ИТП) — 12,8 года, 2-й вариант (строительство ЦТП — 1 шт. в одном из домов, ИТП — 2 шт., освобождение площади, занимаемой зданием ЦТП, модернизация оборудования) — 3,1 года, 3-й вариант (строительство тепловых узлов в каждом доме) — 2,6 года.

Литература

1. **Энергосбережение** в теплоэнергетике и теплотехнологиях / О.Л. Данилов и др. М.: Издательский дом МЭИ, 2010.
2. **СП 41-101-95.** Проектирование тепловых пунктов.

А.Н. Соловьёва, студ.; рук. В.И. Романов, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТНУ ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В связи с быстрым ростом цен на энергоносители и замещение в топливном балансе систем промышленного и гражданского теплоснабжения ископаемых видов топлива на практически неисчерпаемые ресурсы низкпотенциального тепла возобновляемых и вторичных источников с использованием ТН является актуальным направлением энергосбережения.

Основными в ТН являются теплообменные аппараты, поэтому их подбор обуславливает эффективность теплообмена между нагреваемой и греющей средой.

Предпочтение отдается кожухотрубным теплообменникам. Так, в конструкциях конденсаторов целесообразно устанавливать распределительные устройства напротив входного патрубка, основным назначением которых является создание условий для равномерного распределения пара по длине аппарата. Эффективность конденсатора, снабженного конденсатороотводными пластинами и распределителем пара, на 14—17 % выше, чем обычного аппарата [1]. В настоящее время наиболее прогрессивной конструкцией являются пластинчатые теплообменники.

Недостатком многих конструкций конденсаторов является наличие зоны форконденсации (с низкими значениями коэффициента теплоотдачи), которая образуется напротив входного патрубка аппаратов. Анализ выявил два способа решения проблемы: 1 — создание конструкции конденсатора, у которого теплообменная поверхность состоит из двух частей, 2 — замена конденсатора двумя отдельными теплообменными аппаратами, которые включаются в циркуляционный контур рабочего тела ТН последовательно. Особое внимание уделяется проблеме удаления неконденсированных газов из рабочего тела ТНУ [2].

Подробно разобрав элементы теплового насоса и подобрав наиболее эффективно работающие в теплонасосной установке, можно утверждать, что хоть затраты на установку теплового насоса — самые большие, но при этом он обеспечивает наименьшие затраты на отопление.

Литература

1. **Янтовский Е.И., Пустовалов Ю.В.** Парокомпресссионные теплонасосные установки. М.: Энергоиздат, 1982.
2. **Елистратов С.Л.** Передовые схемные решения теплонасосных установок / С.Л. Елистратов, В.Е. Накоряков // Известия вузов. Серия: Проблемы энергетики. 2007. № 11—12.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

В настоящее время применение низкотемпературного теплоснабжения является одним из наиболее актуальных и перспективных способов повышения эффективности систем теплоснабжения.

Снижение температуры позволило бы избавиться от многих недостатков, которыми обладают высокотемпературные системы теплоснабжения, такими как большие тепловые потери и высокий износ трубопроводов. Несмотря на это в России системы низкотемпературного теплоснабжения практически не применяются и не развиваются.

Применять системы низкотемпературного теплоснабжения можно как для систем отопления, так и для ГВС. Системы низкотемпературного теплоснабжения могут быть как централизованными (с получением тепла на ТЭЦ), так и с автономными источниками тепла.

При выработке теплоты на ТЭЦ понижение температуры теплоносителя повышает эффективность источника. Традиционный температурный график 150—70 °С требует наличия высокотемпературных отборов от турбины ТЭЦ. Более низкая температура позволяет отбирать пар с пониженными параметрами, следовательно, увеличивается производство электроэнергии. Опыт применения централизованного низкотемпературного теплоснабжения есть в Дании, где существуют системы с температурой воды в подающем трубопроводе 50—55 °С [1].

В качестве автономного источника для систем низкотемпературного теплоснабжения можно использовать теплонасосные установки. Они также позволяют получать воду с температурой 50—55 °С. Согласно существующим нормам температура воды в системе ГВС должна быть не ниже 50 °С для закрытых систем и не ниже 60 °С для открытых систем, но температуру воды можно понизить и до 40 °С, не потеряв при этом комфорта. Во-первых, такое снижение температуры позволяет снизить потребление холодной воды, используемой в смесителях ГВС. Во-вторых, снижение температуры теплоносителя приводит к повышению коэффициента трансформации тепла ТНУ и увеличивает его КПД.

В данной работе автором проведена оценка повышения эффективности ТЭЦ и ТНУ при работе с пониженными температурами теплоносителя.

Литература

1. Скривер Г. Энергоэффективное низкотемпературное теплоснабжение // Энергосбережение. 2012. № 6. С. 54—58.

М.В. Тюняев, студ.; рук. В.В. Куличихин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ГАБАРИТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ ДЕТАНДЕР-ГЕНЕРАТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

К настоящему времени имеется достаточно большое количество публикаций, в которых рассматриваются вопросы создания и эксплуатации детандер-генераторных агрегатов (ДГА). В основном они посвящены расчетам температур природного газа при различных соотношениях давлений и различных способах подогрева газа перед и/или после ДГА.

Наряду с этими вопросами одной из основных проблем является выбор рациональной конструктивной схемы ДГА и определение их габаритных показателей.

С этой целью в работе были выполнены расчетные исследования основных параметров проточной части ДГА (среднего диаметра ступени и длины лопаток) для реальных соотношений давлений, существующих на газораспределительных пунктах (ГРП) при различных значениях температур газа перед и после ДГА.

Если при значительных расходах природного газа, например на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ) или тепловых станциях (ТЭС), проблемы определения параметров проточной части ДГА имеют второстепенное значение, то они выходят на передний план для объектов малой энергетики, на которых расходы природного газа существенно снижены.

Расчетные исследования ДГА с осевыми и радиально-центростремительными конструкциями выполнялись для номинальной частоты вращения ДГА 3000 об/мин, так как использование высокооборотных ДГА с редуктором, расположенным между ДГА и электрическим генератором, снижает его надежность [1, 2].

Представлены результаты проведенных расчетных исследований, на основании которых для различных соотношений давлений и температур природного газа был определен минимальный порог расхода газа, ниже которого конструктивное исполнение ДГА невозможно.

Результаты проведенных исследований показывают, что для объектов малой энергетики с незначительными расходами природного газа при разработке рекомендаций по использованию ДГА наряду с расчетами давлений и температур до и после ДГА должны обязательно определяться их габаритные показатели.

Литература

1. **Степанец А.А.** Энергосберегающие турбодетандерные установки. М.: «Недра-Бизнесцентр», 1999.
2. **Коротков В.А.** Расчет центростремительного радиального холодильного детандера: учеб.-метод. пособие. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014.

А.А. Файзулин, В.А. Додонов, студенты;
рук. Л.В. Плотникова, к.т.н., доц. (КГЭУ, г. Казань)

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Существенное повышение экономических и экологических характеристик производства теплоэнергии достигается с помощью тепловых насосов (ТН), позволяющих трансформировать низкотемпературную природную энергию и вторичную низкопотенциальную теплоту до температур, пригодных для теплоснабжения зданий и для использования в технологической линии предприятий. Применение ТН позволяет минимизировать протяженность тепловых сетей, снизить выбросы в регионе и получать в системах отопления 4—8 кВт тепловой энергии в зависимости от температуры низкопотенциальных источников, используя при этом 1 кВт электрической энергии [1].

Актуально применение теплонасосного теплоснабжения вместо традиционного теплоснабжения с максимальным уменьшением сжигаемого органического топлива, в частности в виде систем утилизации вторичных ресурсов промышленных предприятий [2].

Для теплоснабжения зданий городов России, многие из которых расположены на значительном расстоянии от населенных и тепловых пунктов, используется либо централизованное, либо электрическое отопление. Электрическое отопление нерентабельно с экономической точки зрения. Централизованное дешевле, но требует больших затрат на прокладку, обслуживание и ремонт теплотрасс большой протяженности.

Применение ТН позволит решить ряд проблем, стоящих перед предприятиями коммунальной сферы: отказ от нецелесообразного электрического и, в ряде случаев, централизованного отопления объектов жилищно-коммунального хозяйства; обеспечение надежного теплоснабжения объектов; полная независимость от поставщиков тепла; отказ от теплотрасс большой протяженности и как следствие сокращение потерь и затрат на их обслуживание.

Литература

1. Филенков В. М., Козина Л. Н. Бухонов Д. О. О перспективах использования тепловых насосов в регионах России // Вестник НГИЭИ. 2014. № 12 (43).
2. Плотникова Л.В., Андреева С.А., Ефремов Г.И. Организация энергосберегающей системы утилизации вторичных ресурсов стадии пиролиза в производстве этилена // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 2.

*Б.А. Христенко, И.Д. Калякин, студенты; А.В. Говорин, асп.;
рук. И.А. Султангузин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

ПРИМЕНЕНИЕ АККУМУЛЯТОРОВ ЛЬДА ДЛЯ КРУГЛОГОДИЧНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ДОМА

Одной из ключевых проблем нетрадиционной энергетики является проблема теплового аккумулирования, которое в различных энергосистемах ориентировано именно на отопление и горячее водоснабжение.

В данной исследовательской работе рассмотрена проблема выбора теплового аккумулятора для сбора тепла солнечным коллектором в летний период для отопления энергоэффективного дома в зимний период. В этом проекте применяется следующее оборудование: солнечные коллекторы, тепловой аккумулятор, тепловой насос, система отопления «теплый пол», система горячего водоснабжения. Были рассмотрены три варианта хранения тепла: наземный, подземный аккумуляторы и льдоаккумулятор. Используя методы математического моделирования с помощью программ TRNSYS, ANSYS Fluent, будут проведены расчеты и сравнение этих вариантов. Представлены преимущества и недостатки рассмотренных тепловых аккумуляторов. Самым эффективным является льдоаккумулятор. Его преимущества: использование энергии воздуха, солнца и грунта; высокая эффективность благодаря комбинированному использованию различных источников тепла; разрешение на строительство административных органов не требуется [1]. Также укажем возможность использования в летний период системы с применением льдоаккумулятора как системы вентиляции и кондиционирования, что повышает эффективность установки. В летний период времени в системе происходит процесс вторичной регенерации, а это означает, что тепло, которое забирается из помещения, поступает в аккумулятор холода, где постепенно начинается таяние льда. В это время происходит аккумуляция тепловой энергии на зимний период.

Использование льдоаккумулятора позволяет наиболее эффективно аккумулировать тепло для круглогодичного энергоснабжения энергоэффективного дома.

Литература

1. **Льдоаккумуляторные установки** – источник тепла для рассольно-водяных тепловых насосов [Электронный ресурс]: ООО «Виссманн» – 2016. –Режим доступа: <http://www.viessmann.ru/ru/zilye-zdania/teplovye-nasosy/1%CA%B9%20doakkumulatordnaa-ustanovka.html>.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ РЕЖИМОВ ОТПУСКА ТЕПЛОТЫ

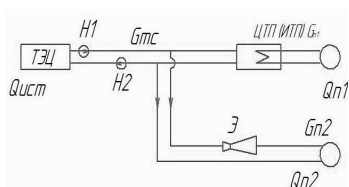


Рис. 1 Схема теплоснабжения с зависимыми и независимыми потребителями: ТЭЦ – теплоэлектроцентраль или котельная; Н₁ – насос в подающей магистрали теплосети; Н₂ – насос в обратной магистрали теплосети; Q_{ист} – произведенное тепло на ТЭЦ; Q_{п1}, Q_{п2} – тепловая энергия, отпущенная потребителям 1 и 2

Авторами предлагается рассмотреть переход существующей системы теплоснабжения (на примере г. Волжского) из качественно-количественного способа отпуска тепла потребителям в количественный.

На рис. 1 представлена схема теплоснабжения с зависимыми (с элеваторными тепловыми пунктами, Э) и независимыми потребителями (с центральными и индивидуальными тепловыми пунктами, ЦТП и ИТП). Температурный график теплосети большинства городов России с централизованной системой теплоснабжения является качественно-количественным 110 °C/70 °C, 150 °C/70 °C [1]. Здесь $t_{пс} = f(t_{нв})$: $t_{пс}$ — температура теплоносителя в подающей магистрали теплосети, °C; $t_{нв}$ — температура наружного воздуха, °C. Рассмотрим, как изменятся энергетические характеристики системы на рис. 1, если $t_{пс} = \text{const}$ (например, 90 °C).

Таблица 1

Показатели системы	По расходу теплоносителя			По потерям тепла	
	$G_{тс}$	$G_{п1}$	$G_{п2}$	$\Delta Q_{пс}$	$\Delta Q_{ос}$
150 °C/70 °C	1	1	1	1	1
90 °C	<1	1	>1	>1	<1

Для систем теплоснабжения с ЦТП: расход теплоносителя в магистрали теплосети уменьшается, а потери тепла через изоляцию могут увеличиться при качественном регулировании ($t_{пс} < t_{пс} = 90$ °C). Для систем теплоснабжения с элеваторами расход уменьшается за счет увеличения объема циркуляции у потребителя. Это положительно отразится на режиме обратной магистрали, где $t_{ос} \rightarrow \text{min}$.

Литература

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. — 7-е изд., стереот. М.: Издательство МЭИ, 2001. 472 с.; ил.

А.С. Черных, асп.; Л.И. Кожокарь, студ.; рук-ли И.А. Султангузин, д.т.н., проф.; Ю.В. Яворовский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»); Карасевич В.А., к.т.н., доц. (ООО «ИНЖПРОГРУПП»)

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗДУШНО-АККУМУЛИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗА ПРИ ВЫРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Из-за существующей неоднородности в графике потребления электроэнергии, вырабатываемой электростанциями на базе ГТУ/ПГУ, последние работают в рваном режиме, что приводит к перерасходу топлива и снижению эффективности выработки в целом. Кроме того, при расчете номинальной установленной мощности ГТУ/ПГУ приходится ориентироваться на пиковое потребление и закладывать избыточную мощность электроагрегатов, что удорожает их стоимость.

Для решения указанной проблемы предлагается модель адиабатической станции с возможностью аккумулирования энергии в виде сжатого воздуха, так называемой воздухоаккумулирующей установки (ВАУ). Принцип работы ВАУ следующий: в период малых нагрузок ГТУ/ПГУ избыточная электроэнергия расходуется на работу воздушного компрессора, нагнетающего сжатый воздух в специальные хранилища (ресиверы), а в период пиковых нагрузок сжатый воздух из хранилища подается на воздушную расширительную турбину (или детандер-генераторный агрегат). Управление работой ВАУ осуществляется в автоматическом режиме.

К настоящему моменту времени спроектирован лабораторный образец установки электрической мощностью 1,5 кВт. Идет работа по изготовлению отдельных элементов конструкции, разрабатывается программа и методика лабораторных испытаний ВАУ, и до конца 2016 года планируется осуществить ее запуск и провести серию экспериментов на базе лабораторий МЭИ. Данная модификация может применяться для сглаживания пиковых нагрузок на небольших ПГУ индивидуального пользования. При получении положительных результатов испытаний в перспективе планируется создание небольшой опытно-промышленной установки мощностью 10—15 кВт и, возможно, более крупной промышленной установки мощностью до 1 МВт.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЗОННЫХ СИСТЕМ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

В настоящее время все больше внимания уделяется созданию энергоэффективных домов и обеспечению надежного и устойчивого теплоснабжения автономных потребителей в зимний период.

Традиционным и наиболее распространенным способом аккумулирования теплоты является использование теплоаккумулирующих материалов в ограждающих конструкциях зданий и сооружений. Такие ограждающие конструкции позволяют уменьшить количество необходимой тепловой энергии для поддержания заданной температуры в помещениях здания. Однако несмотря на распространенность и невысокую стоимость такая система аккумулирования позволяет накапливать лишь теплоту окружающей среды, что в большинстве случаев является недостаточным для повышения эффективности теплоснабжения автономного потребителя.

Целью данной работы является разработка и оценка тепловой эффективности сезонной системы аккумулирования тепловой энергии для индивидуальных автономных потребителей, позволяющей накапливать значительное количество теплоты различного температурного потенциала от любых источников тепловой энергии.

На основе проведенного анализа нормативно-технической литературы установлено, что наиболее перспективными системами сезонного аккумулирования для указанных потребителей являются твердотельные аккумуляторы теплоты искусственного [1] (ограниченный объем твердого теплоаккумулирующего материала) или естественного происхождения (использование объема грунта). Использование теплоизолированного объема грунта для аккумулирования тепловой энергии позволяет создать практически неограниченную по тепловой мощности систему, позволяющую накапливать теплоту с температурным потенциалом до 70 °С.

Литература

1. **Panchal H.N.** Use of thermal energy storage materials for enhancement in distillate output of solar still: A review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. No 61. P. 86 – 96.

О.А. Чехранова, студ.; рук. Е.Г. Гашо, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СТРУКТУРЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ГОРОДА И СПОСОБЫ РЕШЕНИЙ

Современный мегаполис представляет собой сложную энергосистему.

Требования к системе энергоснабжения мегаполиса определяются тремя главными условиями: обеспечение энергетической безопасности (достаточность энергетических мощностей, надежность систем энергоснабжения, экономическая доступность предоставления энергетических услуг); инфраструктурное стимулирование комплексного развития территории; расширение состава и повышение качества энергетических услуг, в первую очередь населения города и присоединенных территорий. Примером города с большим потреблением является Москва.

Уровень душевого электропотребления по городу в целом и особенно по группе домашних хозяйств и сферы услуг составляет по Москве 57 % общего объема электропотребления 55 млрд. кВт·ч и душевого электропотребления 4,6 тыс. кВт·ч, в т.ч. в сфере услуг и домашних хозяйств 2,6 тыс. кВт·ч. Непосредственно в сфере домашнего хозяйства душевое электропотребление значительно ниже и составляет всего 1,1 тыс. кВт·ч. Хотя по этому показателю город Москва занимает 5-е место среди субъектов РФ, но в 1,7 раза отстает от других столиц мира — Нью-Йорка, Токио и Торонто [1].

В настоящее время Москва увеличила свои размеры в 2.5 раза по сравнению со 2000 годами, значит, потребности города увеличились. Также наблюдается тенденция по сокращению крупной энергоемкой промышленности с большим уклоном в сторону развития наукоемких производств, что в перспективе может способствовать более активному развитию сферы высоких технологий для инновационного развития обрабатывающей промышленности.

В работе представлены результаты исследования структурных энергетических проблем связанных с энергопотреблением города, а также анализ энергоэффективных способов их решения (использование биомасс, мусорных заводов для производства тепла, применение нетрадиционных возобновляемых источников и т.д.).

Литература

1. **Бушуев В.В., Ливинский П.А.** Энергоэффективный мегаполис – SmartCity «Новая Москва». М.: Энергия, 2015.

М.В. Шургулая, студ.; рук. А.В. Рыженков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СЕЗОННОГО АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Любая система теплоснабжения, состоящая из источника, подсистемы преобразования и потребителя преобразованной энергии, может быть подвержена временным несоответствиям между подачей энергии и ее потребностями. Из существующих решений данной проблемы выделяют использование различных технологий аккумулирования тепловой энергии, среди которых особенно перспективными являются технологии сезонного или долгосрочного аккумулирования.

Проведенный анализ технической литературы показал, что из существующих типов сезонных аккумуляторов грунтовые аккумуляторы со скважинными теплообменниками представляют большой интерес, так как грунт является недорогим материалом, обладающим достаточно высокой теплоемкостью, для размещения которого не требуется специального контейнера - резервуара [1].

Технологии сезонного аккумулирования тепловой энергии находят широкое применение в системах теплоснабжения коттеджных поселков и поселков малоэтажной застройки, объемы строительства которых в последние годы значительно возросли.

В результате проведения сравнительного анализа различных систем теплоснабжения, где в качестве потребителя был рассмотрен коттеджный поселок, выявлено, что использование технологии сезонного аккумулирования тепловой энергии в грунте потенциально эффективно совместно с возобновляемыми источниками энергии (солнечные коллекторы) в регионах с высоким годовым уровнем инсоляции.

В свою очередь в результате проведения сравнительного экономического анализа систем теплоснабжения коттеджного поселка для климатических условий южного региона, получено, что солнечная система теплоснабжение с использованием сезонного грунтового аккумуляторов некоторых случаях экономически эффективней традиционной системы теплоснабжения.

Таким образом, разработка систем теплоснабжения с использованием технологий сезонного аккумулирования тепловой энергии — это перспективное направление развития энергоэффективных систем.

Литература

1. **Kun Sang Lee.** Underground Thermal Energy Storage. Springer Science & Business Media. 2012. 152 с.

Н.И. Яшукин, Н.О. Медведева, студенты;
рук. Ю.В. Яворовский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЗДУШНОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСА

В данной работе была поставлена задача провести анализ варианта теплоснабжения группы зданий, расположенных на территории республики Крым вблизи города Алушта, с использованием воздушного теплового насоса (ТН) и определить оптимальную величину термического сопротивления ограждающих конструкций этих зданий.

Поскольку в зависимости от изменения теплозащитных свойств зданий изменяются их отопительные нагрузки, это влечет за собой изменение необходимой мощности тепловых насосов, их стоимости, расхода энергии на отопление. Можно оптимизировать толщину теплоизоляции и мощность ТН так, чтобы суммарные экономические затраты были минимальны. В результате расчетов были получены зависимости капитальных затрат S_K (теплонасосная установка с учетом стоимости монтажа и утепление зданий с учетом работ), эксплуатационных расходов $S_{\text{экс}}$ за расчетный срок службы ТН, а также суммарных затрат S_{Σ} в зависимости от толщины тепловой изоляции (рис. 1).

Сроки окупаемости тепловой изоляции при использовании ТН составят: простой — 7,9 лет, дисконтируемый — 16,5 лет.

При сравнении вариантов теплоснабжения с использованием воздушного ТН и электродогрева оказалось, что за срок эксплуатации в 20 лет, ТН выгоднее, чем электродогрев в 2,4 раза, при этом потребление электроэнергии электродогревом окажется в 4,5 раза больше, чем у ТН.

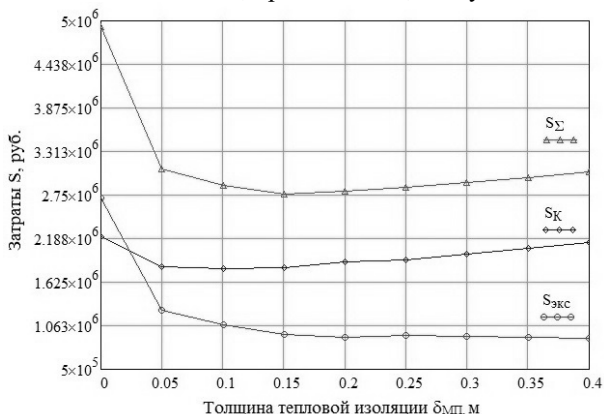


Рис. 1. Зависимости эксплуатационных, капитальных и суммарных общих затрат от толщины тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ И ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

*Председатель секции — зав. каф. ХиЭЭ, д.т.н.,
профессор Н.В. Кулешов
Секретарь секции — магистрант Ф.В. Лелин*

*Г.М. Бирюков, студ.; рук-ли М.А. Осина, к.х.н., доц. (НИУ «МЭИ»);
В.А. Богдановская, д.х.н., в.н.с. (ИФХЭ РАН)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КАТОДНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

В настоящее время продолжается рост интереса к электрохимическим генераторам на основе топливных элементов (ТЭ). Такие установки могут эксплуатироваться как в стационарных, так и в мобильных условиях [1]. Одной из основных проблем, препятствующих развитию и внедрению ТЭ в качестве источников тока в различные энергоустановки, является деградация катодного катализатора, которая ведет к уменьшению его электрохимически активной поверхности (определяется по циклической вольт-амперограмме (ЦВА)), и, как следствие, активности (определяется по напряжению при плотности тока $0,5 \text{ А/см}^2$ на разрядной кривой), а также деградация углеродного носителя (по области циклирования потенциала). Метод ускоренного стресс-тестирования позволяет определить характер деградационных процессов в ТЭ водород-воздух.

Проведено исследование катализатора, синтезированного в ИФХЭ РАН. Изготавливали мембранно-электродный блок площадью 25 см^2 с катодным активным слоем на основе катализатора 20 % Pt/УНТ и проводили циклирование в различных диапазонах потенциалов (рис. 1, 2). Показано, что катализатор на углеродных нанотрубках (УНТ) проявляет более высокую стабильность по сравнению с коммерческим Pt/C катализатором, где носителем является углеродная сажа. Поэтому одним из направлений в повышении стабильности каталитических систем является использование в качестве носителя УНТ.

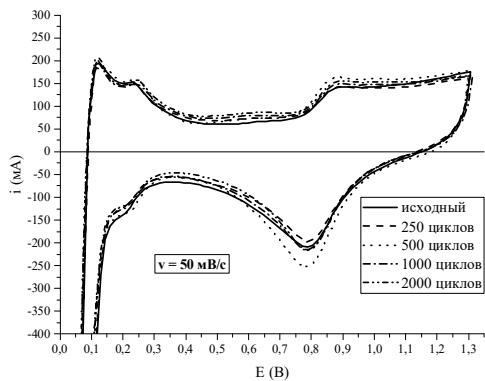


Рис. 1. ЦВА катодного катализатора

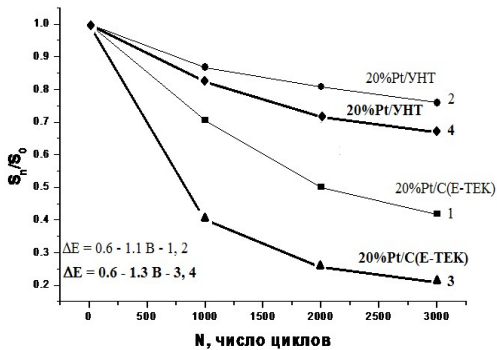


Рис. 2. Результаты экспресс-тестирования МЭБ

Литература

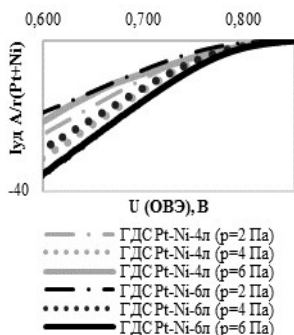
1. Тарасевич М.Р., Корчагин О.В. Экспресс-диагностика характеристик и стабильности топливных элементов с протонпроводящим электролитом // Электрохимия. 2014. Т. 50. № 8.

Е.А. Коломейцева, М.А. Климова, аспиранты;
рук. С.И. Нефедкин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ Ni-Pt, СИНТЕЗИРОВАННЫХ В МАГНЕТРОНЕ

В работе рассматриваются дисперсные тонкопленочные каталитические композиции Ni-Pt на поверхности титана и сажи, предназначенные для катода твердополимерного электролизера. Катализаторы были получены методом магнетронного распыления в вакууме из секционной мишени Ni с вставками платины при различном количестве мишеней Pt и давления в камере.

Исследовались 4 серии образцов с различной закладкой благородной компоненты: 2, 4, 6 и 8 лепестков Pt. Каждая серия состояла из 4 образцов, полученных при различных давлениях плазмообразующего газа в камере: 0,5; 2; 4; и 6 Па. Были рассмотрены 16 образцов, над которыми проведены следующие исследования:



- методом растровой электронной микроскопии с EDX приставкой была исследована структура полученных катализаторов, а также элементный состав поверхностного слоя в точке наблюдения [1];

1. Удельные поляризационные характеристики

- получены поляризационные характеристики в полуэлементе (рис. 1);

- исследована активная поверхность посредством проведения циклической вольтамперометрии в трехэлектродной ячейке.

По результатам анализа поляризационных кривых было получено, что наибольшей активностью обладают образцы, изготовленные при давлении в камере 4—6 Па. По критерию закладки благородной компоненты наиболее активными себя показали образцы со средней закладкой: 4 лепестка и 6 лепестков.

Удельные циклические характеристики показали, что наилучшими характеристиками обладают образцы с большими (6 и 8 лепестков) закладками благородной компоненты и высокими давлениями (4 и 6 Па).

Литература

1. Нефедкин С.И. Физико-химические методы исследований в технологиях водородной и электрохимической. М.: Издательский дом МЭИ, 2008.

А.М. Корытцев, студ.; рук-ли Н.В. Кулешов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»);
Д.В. Блинов, н.с. (ОИВТ РАН, Москва)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛОГИДРИДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ НА ОСНОВЕ ТВЕРДОПОЛИМЕРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Существенная роль в долгосрочной государственной энергетической стратегии РФ отводится развитию новых энергетических технологий, использующих возобновляемые источники энергии (ВИЭ), в том числе биоэнергетических технологий [1]. Характерной чертой ВИЭ является временная неоднородность генерации, что приводит к необходимости использования систем аккумулирования энергии. Применение аккумулирования энергии в водороде с последующим получением электроэнергии в топливных элементах позволяет избежать потерь энергии в результате саморазряда и существенно повысить экологическую безопасность. Помимо хорошо освоенных методов получения водорода из электроэнергии ВИЭ (солнце, ветер), перспективным является получения водорода из биологических источников [2]. Разработка и реализация возобновляемых водородных энергоустановок сталкивается с общей проблемой – необходимостью безопасного и эффективного метода хранения и очистки водорода. Генерируемый в биологических системах водород содержит большое количество CO_2 и общее содержание водорода в производимом газе не превышает 50%. Такой водород не может быть использован напрямую в твердополимерных топливных элементах (ТПТЭ), таким образом, развитие систем возобновляемого производства водорода требует сопутствующего развития и интеграции систем хранения и очистки водорода.

В работе представлена металлгидридная технология очистки водорода проточным методом. Выполнены испытания проточного металлгидридного реактора по очистке водорода от примеси углекислого газа (модельная смесь биоводорода), в ходе которых были получены высокие значения коэффициента извлечения ($80\div 90\%$). Разработана и создана экспериментальная энергоустановка на основе ТПТЭ мощностью 200 Вт, использующая в качестве топлива биоводород.

Литература

1. **Энергетическая стратегия** России на период до 2030 года. // Прил. к обществ.-дел. журн. Энергетическая политика. М.: ГУ ИЭС, 2010. 184 с.
2. **Wei J., Liu Z.-T., Zhang X.** Biohydrogen production from starch wastewater and application in fuel cell // International Journal of Hydrogen Energy. 2010. 35. 2949—2952.

*С.В. Курочкин, Е.Е. Барабанов, студенты;
рук. В.Н. Кулешов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ И ВИЭ

Сегодня почти треть территории Российской Федерации составляют районы Крайнего Севера. Поэтому направление, связанное с развитием и использованием систем на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), позволит обеспечить потребителей электричеством в труднодоступных районах и снизить экологическую нагрузку на этот регион. При расчете установки на основе ВИЭ одной из основных проблем является несогласованность графиков подвода и потребления энергии. В данной работе произведена оценка особенности работы системы, состоящей из ветрогенератора, модернизированного щелочного электролизера воды, электрохимического генератора на основе водородно-кислородных топливных элементов и системы хранения водорода в металлгидридах. При постоянно меняющейся скорости ветра вся система переходит в пульсационный режим генерации электроэнергии с временными провалами и превышениями возможности генерации относительно требуемой потребителем мощности. Модернизированная на основе новой элементной базы [1, 2] электролизная установка позволяет осуществлять генерацию водорода и кислорода в переменных по нагрузке режимах, включая кратковременные включения и выключения. Для комбинации «электролизер-топливный элемент» был получен коэффициент использования электроэнергии чуть выше 40 %. Это показывает целесообразность комплексного интегрирования оборудования в данную энергосистему.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №15-08-7602.

Литература

1. **Development** and characterization of new coating for application in alkaline water electrolysis / V.N. Kuleshov, N.V. Kuleshov, S.A. Grigoriev et al. // International Journal of Hydrogen Energy. 2016. 41(1). P. 36—45.

2. **Полимерные** композитные диафрагмы для электролиза воды со щелочным электролитом / Н.В. Кулешов, В.Н. Кулешов, С.А. Довбыш и др. // ЖПХ. 2016. Т. 89. Вып. 4.

Д.Э. Куулар, А.Е. Мостовой, Д.Ю. Щепетков, студенты;
рук. Ю.А. Славнов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТВЕРДООКСИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА И ГТУ

Гибридные энергоустановки (ГибЭУ), состоящие из высокотемпературных топливных элементов (ТЭ) на основе твердого оксидного электролита и газовой турбины, могут стать наиболее эффективными системами, генерирующим электроэнергию при малых мощностях. Высокотемпературный ТЭ является экологически чистым генератором электроэнергии. Из тепловых электрических станций только парогазовые установки, имеющие высокий КПД при больших мощностях и низкую стоимость кВт установленной мощности, имеют преимущества перед ГибЭУ. В ней тепло высокотемпературного ТЭ используется в газотурбинной установке (ГТУ) для дополнительной выработки электроэнергии. Пока не удастся использовать метан в качестве топлива непосредственно в ТЭ. Топливом для него является газовая смесь водорода и оксида углерода. Получать эти газы можно с помощью паровой конверсии метана [1].

Для разработанного ГибЭУ предложена пароуглекислотная конверсия метана. При ее использовании не нужна система подготовки воды, водяной пар для конверсии присутствует в продуктах реакции ТЭ, часть которых направляется на вход конвертора. Вода расходуется только во время запуска ТЭ.

Рассчитаны материальный и энергетический балансы риформера, где протекает конверсия топлива, ТЭ, дожигателя, не вступившего в реакцию топлива и других составных частей блок-схемы ГибЭУ мощностью $N = 1$ МВт. На основе предложенной математической модели проведен анализ зависимости энергоэффективности от различных параметров работы. Рассчитана доля электроэнергии, вырабатываемая ТЭ, которая составляет около 80 %. При ухудшении электрических характеристик ТЭ, по мере выработки его ресурса, количество генерируемого им тепла увеличивается, доля электроэнергии, вырабатываемая ГТУ, возрастает.

Показано, что КПД выработки электроэнергии разработанной ГибЭУ может быть больше 60 % при плотностях тока через электродную поверхность ТЭ достигающих $i = 3,5$ кА/м². При более высоких плотностях тока КПД уменьшается, а ресурс работы ТЭ может быть низким, т.к. данных о ресурсе при больших токах пока нет.

А.С. Кядыкова, студ.; рук. Н.А. Яштулов, д.х.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ С НАНОЧАСТИЦАМИ ПАЛЛАДИЯ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ ДЛЯ ОКИСЛЕНИЯ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ

В настоящее время активно ведутся исследования в направлении создания топливных элементов, которое является одним из основных технологических направлений современной энергетики. В качестве наиболее эффективной матрицы-подложки для топливных элементов, интегрированных в приборы микроэлектронной техники, рассматривается пористый кремний (ПК) [1-3].

В данной работе получение электродов из микропористого кремния со степенью пористости 70 - 80%, размером пор от 20 до 50 нм и глубиной пор 1 мкм осуществлялось методом электрохимического травления. На кремний наносились наночастицы Pd, полученные методом химического восстановления в растворах обратных эмульсий со степенью солюбилизации $\omega = 1,5 \div 8$. Исследования каталитической активности наноконпозитов Pd/ПК в данной работе проводились методом циклической вольтамперометрии ЦВА. Максимальную каталитическую активность продемонстрировали наноконпозиты с содержанием палладия не более 0,1 мг/см² и размером частиц менее 5 нм. Сформированные материалы на основе наноструктурированного пористого кремния с пониженным содержанием палладия служат высокоэффективными электродами для микротопливных элементов.

Литература

1. Яштулов Н.А., Zenchenko В.О., Лебедева М.В. и др. // Известия РАН. Серия химическая. 2016. Т. 65. № 1. С. 133—138.
2. Яштулов Н.А., Патрикеев Л.Н., Zenchenko В.О. и др. // Российские нанотехнологии. 2015. Т. 10. № 11—12. С. 91—96.
3. Kobayashi M.A., Suzuki T., Hayase M. // Journal of Power Sources. 2014. Vol. 267. No 1. P. 622—628.

Ф.В. Лелин, студ.; рук-ли Н.В. Кулешов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»); Е.А. Киселева, к.т.н., н.с. (ОИВТ РАН)

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ УГЛЕЙ В ИНЕРТНОЙ АТМОСФЕРЕ АРГОНА НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

В последнее время все большее внимание привлекают системы накопления энергии на основе суперконденсаторов (СК)[1]. Важнейшей составной частью СК является электрод. Наиболее распространенными электродами являются угольные, т.к. уголь обладает высокой пористостью, химически инертен, распространен и дешев [2]. На энергоемкость угольного электрода влияют многие факторы: исходное сырье, параметры процесса активации, обработка после активации, способ формирования активной поверхности. Для изготовления электродов мы использовали активированный уголь, полученный при термохимической активации отходов березовых пород древесины. Большое влияние на удельные электрохимические характеристики СК оказывает отсутствие поверхностных функциональных групп. Для достижения поставленной цели была проведена дополнительная обработка угля после активации. Нами исследовалось влияние термической обработки березового активированного угля в течение 30 минут, в инертной атмосфере аргона при различных температурах от 800, до 920 °С.

Исходя из характерных спектров локального энергодисперсионного анализа с оценкой содержания кислорода в образцах угля до и после прогрева при температуре 850 °С, было установлено сокращение содержания кислорода с 3,83 до 1,85 %. И это подтвердилось улучшением характеристик СК с электродами из прогретого угля с органическим электролитом (тетраэтиламмонния тетрафторборат, растворенный в ацетонитриле).

Литература

1. **Способы** формирования углеродных электродов суперконденсаторов с водным и органическим электролитами / Ф.В. Лелин, Н.В. Кулешов, Е.А. Киселева, М.А. Журилова // Радиозлектроника, электротехника и энергетика. 2016. Т. 2. С. 375.
2. **Yanilkin I.V., Sametov A.A., Shkol'nikov E.I.** Effect of the amount of F4 fluoroplastic binder in carbon electrodes on characteristics of supercapacitors // Russian Journal of Applied Chemistry. February 2015. Vol. 88. Is. 2. 28. P. 335—342.

ВЛИЯНИЕ МЕХАНОАКТИВАЦИИ НА ПАРАМЕТРЫ ТВЕРДОФАЗНЫХ КАТОДОВ ЛИТИЕВЫХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Развитие современной электронной техники стимулирует разработку компактных и эффективных источников питания. Наиболее перспективными химическими источниками тока на данный момент являются литиевые системы (Li-ion и Li-pol). Серьезной проблемой Li-ion аккумуляторов является падение их емкости как в процессе циклирования, так и после хранения, что связано с присутствием в их составе жидкого электролита. Применение твердополимерных электролитов вместо жидких позволяет создать аккумуляторы разнообразной конфигурации и габаритов, обладающих повышенной безопасностью, высокой сохраняемостью и механической прочностью. В настоящее время активно разрабатываются катодные материалы на основе литий-металлфосфатов, среди которых наиболее привлекательным является литий-железофосфат (LiFePO_4). В работе для изготовления электродов использован оригинальный метод, включающий в себя механоактивацию (МА) на аппаратуре высокого давления типа наковален Бриджмена. Порошок LiFePO_4 перемешивали с электропроводящей добавкой и пропитывали раствором твердополимерного электролита в диметилацетамиде. Полученную массу высушивали и размалывали на шаровой мельнице и наносили на поверхность токоотвода двумя способами: традиционным и с помощью МА на аппаратуре высокого давления типа наковален Бриджмена. Использование МА дает существенные преимущества как по разрядному потенциалу так и по удельной емкости электрода. Выигрыш достигает порядка 15—20 %. Проведенные ресурсные испытания показали, что твердофазные катоды на основе литий-железо фосфата, приготовленные с использованием МА, обратимо циклируются, потеря емкости составляет 0,05 % за цикл. Преимущество достигается благодаря лучшей гомогенизации и компактированию активной массы электрода.

М.В. Негородов, асп., К.С. Огибина, студ.;
рук. И.А. Пуцылов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ РАБОТЫ ЛИТИЕВОГО ЭЛЕКТРОДА В КОНТАКТЕ С ТПЭ

Сегодня сложно представить жизнь современного общества без использования химических источников тока. Они нашли широкое применение как для питания электронной аппаратуры специального назначения, так и для устройств, используемых в повседневной жизни. Одними из самых перспективных источников тока считаются литиевые источники тока (ЛИТ). Они обладают высокой удельной энергией, широким интервалом рабочих температур и хорошей сохраняемостью. К недостаткам литиевых систем относятся взрывоопасность и высокая стоимость. Одним из способов решения указанных проблем является замена жидкого электролита, используемого в них, на твердополимерный.

Твердополимерный электролит (ТПЭ) готовили методом полива. В качестве полимера использовали аморфный сополимер полисульфона, соевым компонентом служил перхлорат лития. Технология изготовления пленок ТПЭ включала ультразвуковую гомогенизацию исходного раствора на установке УЗ-1. Температуру и продолжительность синтеза пленок варьировали. Исследования включали электрохимическое тестирование полученного электролита и промышленных образцов в системе Li-ТПЭ-Li с использованием потенциостата IPC-proM. Промышленные образцы электролита извлекали из коммерческих аккумуляторов PanasonicNCR 18650b и A123 SystemsAPR 18650M1-A.

В процессе экспериментальных исследований установлен оптимальный режим ультразвуковой гомогенизации исходного раствора компонентов ТПЭ, а также продолжительность и температура изготовления его пленок. Сопоставительный анализ работы металлических литиевых электродов в контакте с разработанным и промышленными образцами электролитов указывает на преимущество первого, прежде всего в стабильности значения поляризации литиевого электрода в процессе циклирования. После 10 разрядно-зарядных циклов поляризация литиевого электрода в контакте с предложенным электролитом становится наименьшей, что вероятно, связано с приработкой ТПЭ к поверхности литиевого электрода. Стабильность циклирования литиевого электрода в системе Li-ТПЭ-Li наблюдалась на протяжении не менее 400 зарядно-разрядных циклов, что делает разработанный электролит перспективным для использования в литиевых аккумуляторах.

Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов СП-1098.2015.1.

Д.Г. Сотников, асп.; рук. А.Н. Мракин, к.т.н., доц.
(СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов)

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОХИМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Среди практических приложений термодинамики существенное место занимает термодинамический анализ самых различных систем, процессов и установок [1], позволяющий оценивать степень их совершенства.

В [2] представлена принципиальная тепловая схема энергохимической установки с получением технологического газа (пригодного для получения метанола, аммиака, водорода и др.), электрической и тепловой энергии.

В данной работе приведен расчет эксергетического КПД реактора частичного окисления (РЧО) указанной выше энергохимической установки с дополнительным вводом в РЧО 5,5 кг водяного пара на 1 кг газового конденсата для обеспечения отношения $H_2/CO \approx 2$ в составе синтез-газа.

Значение эксергии потока вещества определяется по выражению [1].

Эксергетический КПД РЧО рассчитывается по выражению:

$$\eta_{ex} = Ex_{с,г} / (Ex_{топл} + Ex_{в-х} + Ex_{в,п}), \quad (1)$$

где $Ex_{с,г}$ — отведенная из РЧО эксергия синтез-газа, кВт; $Ex_{топл}$ — подведенная эксергия конденсата, кВт; $Ex_{в-х}$ — подведенная эксергия воздуха, кВт; $Ex_{в,п}$ — подведенная эксергия водяного пара, кВт.

Значение эксергетического КПД РЧО было определено для 5 режимов работы в зависимости от температуры наружного воздуха $t_{в-х}$: $-30, -15, 0, 15, 30$ °С при степени повышения давления $\pi_k = 5$.

Результаты проведенных расчетов представлены на рис. 1.

В дальнейшем планируется провести эксергетический анализ всей тепловой схемы энергохимической установки, используя для этого методику, реализованную на языке программирования С++.

Литература

1. Бродянский В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа. М.: Энергия, 1973. 296 с.
2. Сотников Д.Г., Мракин А.Н. Математическая модель реактора частичного окисления энергохимических установок // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-29: сб. трудов XXIX Междунар. науч. конф.: в 12 т. Т. 4. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2016. С. 115—117.

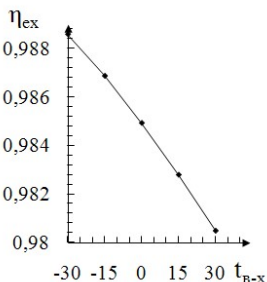


Рис. 1. Зависимость эксергетического КПД РЧО от температуры наружного воздуха

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДЫ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕЙ ДОБАВКИ И МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НА ПАРАМЕТРЫ MnO_2 КАТОДА

В настоящее время в связи с необходимостью выполнения основных требований Федерального закона от 23.11.2009 № 261-ФЗ автономные устройства учета ресурсов получили широкое распространение в промышленности и быту для осуществления взаимных расчетов между потребителями и поставщиками тепловой и электрической энергии, а также теплоносителя, горячей и холодной воды питьевого и технологического качества. Сегодня в качестве источников питания автономных приборов учета используют литий-тионилхлоридные элементы, что чрезвычайно опасно в быту, так как тионилхлорид является ядовитым веществом, и разгерметизация элемента в процессе работы может иметь весьма печальные последствия. В связи с вышесказанным разработка и исследование безопасных и высокоэнергоёмких литиевых источников тока является весьма своевременной и актуальной задачей.

Настоящая работа посвящена разработке и исследованию высокоэнергоёмких катодов для литий-диоксид марганцевых твердофазных элементов с повышенными энергетическими характеристиками. В качестве электропроводящих добавок использовали широкий круг графитов и способов их обработки. Показано, что за счет виброистирания и механоактивации на вибрационных и планетарных мельницах можно моделировать размер и площадь поверхности электропроводящей добавки для достижения максимальных энергетических параметров катода. Установлено, что максимальные энергетические параметры катода достигаются при определенной продолжительности обработки графитов, при которой достигается их максимальная удельная поверхность, то есть минимизируется размер в отсутствии интенсивной агрегации. Наибольшей емкостью обладали электроды на основе пирографита PR-1, имеющего максимальную удельную площадь поверхности. Установлено, что наиболее эффективным вариантом механоактивации является не обработка отдельных компонентов, а обработка всей активной массы в целом. Катоды, приготовленные из активной массы, подвергнутой пластическому деформированию на аппаратуре типа наковален Бриджмена, имеют наивысшую удельную емкость 308 мА·ч/г и являются перспективными.

Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов СП-1098.2015.1.

Секция 37

ЭКОНОМИКА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Председатель секции — зав. каф. ЭЭП, к.т.н.,
профессор Г.Н. Курдюкова
Секретарь секции — к.э.н., доцент А.Ю. Амелина

М.С. Агафонова, студ.; рук. А.Ю. Амелина, к.э.н., доц. («НИУ «МЭИ»)

ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В настоящее время существует достаточно проблем в сфере теплоэнергетики, среди которых следует выделить неблагоприятную ситуацию с инвестированием и темпами старения оборудования. Более того, расходы на тепло потребителей составляют более 50 % в структуре коммунальных платежей. Но даже при этом работа ТЭЦ остается убыточной при сохранении его перекрестного субсидирования за счет электрической энергии и мощности. На данный момент широко рассматривается введение метода «альтернативной котельной» (АК) в качестве способа решения проблем централизованного теплоснабжения.

В исследовании был проведен расчет тарифа методом АК на примере города Омск. Проектируемая котельная представляет собой блочно-модульную котельную (БМК) номинальной мощностью 10 Гкал/ч.

В результате проведенного теплового расчета и дисконтирования денежных потоков был получен тариф на теплоэнергию за 1 Гкал при условии окупаемости проекта строительства котельной за 10 лет. Фактический тариф был взят как среднее значение тарифа теплоснабжающих компаний по городу Омск за период с 01.07.2016 по 31.12.2016 [1]. Данные для сравнения представлены в таблице 1.

Таблица 1

Фактические и проектные тарифы на теплоэнергию

Тариф по методу АК, руб./Гкал	Фактический тариф руб./Гкал	Отклонение
1798,78	1477,91	+ 320,87

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что введение метода АК предполагает увеличение тарифов на теплоэнергию. Данное явление может стать благоприятным для ТЭЦ в силу того, что уравнивание цены между всеми видами генерации теплоэнергии приведет к более благоприятным условиям инвестирования в пользу централизованных источников теплоснабжения, учитывая экономичность ее производства на ТЭЦ. Но для долгосрочной перспективы повышения рентабельности необходима разработка такого метода распределения затрат, которое даст возможность получения экономии и перераспределения ее в пользу производства электроэнергии. В дальнейшем будет рассмотрено совершенствование уже существующего метода распределения затрат с применением метода АК.

Литература

1. **Омск.рф.** Тарифы на коммунальные услуги по городу Омску. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.admomsk.ru>

Т.А. Алтухова, студ.; рук. Д.А. Фрей, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ И ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЛИАЛА АО «КОНЦЕРН РОСЭНЕРГОАТОМ»

Актуальность проблемы энергосбережения обуславливается наметившимся кризисом энергетики России, неоправданно высокой энергоемкостью внутреннего валового продукта, более низкими затратами на экономию энергии по сравнению с затратами на добычу первичных ресурсов.

Нововоронежская АЭС (НВ АЭС), являясь филиалом АО «Концерн Росэнергоатом», крупнейшего предприятия электроэнергетической отрасли России, единственной в России организацией, выполняющей функции оператора атомных станций, определяет главным приоритетом своей деятельности постоянное повышение уровня энергоэффективности.

В данной работе авторами была предложена Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности на НВ АЭС, проведена оценка ее экономической эффективности. Для формирования денежного потока проекта был использован природный метод (метод анализа изменений), основанный на анализе приращений, которые вносит проект в показатели деятельности компании [1].

В ходе анализа Программы, связанной с долгосрочным вложением денежных средств, определено, что сформированная Программа экономически эффективна и рекомендуется к реализации:

1. Чистый дисконтированный доход: $NPV > 0$ и составляет 39 570,52 тыс.руб., где суммарные дисконтированные инвестиции в проект составят 87 622,64 тыс.руб., а полученные доходы – 127 193,16 тыс. руб.

2. Индекс доходности $DPI > 1$ и составляет 1,452.

3. Дисконтированный период окупаемости Программы составил 8 лет и 5 месяцев, что меньше срока реализации программы, который составляет 15 лет.

4. Внутренняя норма доходности: ВНД равна 20%, при выбранной ставке дисконтирования $E = 12\%$.

Литература

1. **Оценка** экономической эффективности энергосбережения: теория и практика: Справочно-методическое издание / Д.А. Фрей, П.А. Костюченко, А.Г. Зубкова и др. // Теплоэнергетик. 2015. 400 с.

ВЫБОР МЕТОДА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТАРИФОВ ДЛЯ ТЭЦ МЭИ

В связи с формированием новой системы функционирования теплоснабжения в РФ, переходом теплоснабжающих организаций на долгосрочные методы регулирования требуется экономическая оценка таких решений для теплоснабжающих организаций. Работа представляет собой анализ предложений по изменению метода регулирования тарифа на тепловую энергию, применяемого на ТЭЦ МЭИ, что является актуальной задачей в связи с текущими изменениями [1].

Цель работы состоит в выборе метода регулирования тарифа на тепловую энергию, применяемого на ТЭЦ МЭИ. Для достижения данной цели необходимо было решить следующие задачи: изучить методы регулирования цен в энергетике; проанализировать показатели деятельности ТЭЦ МЭИ; проанализировать эффективность, применяемых методов регулирования тарифов на тепловую энергию на ТЭЦ МЭИ. На основании управленческой отчетности моделировались долгосрочные тарифы на тепловую энергию (табл. 1) различными методами [1].

Таблица 1

Долгосрочные тарифы

№	Тариф	Ед. изм.	2016	2017	2018
	1	2	3	4	5
1	Методом индексации	руб/Гкал	1053,56	1036,77	1035,82
2	Методом доходности инвестированного капитала	руб/Гкал	1066,03	1062,57	1061,09

Тариф, рассчитанный методом индексации меньше, но он не включает в себя инвестиционную составляющую, формируемую на основании инвестиционной программы. Важно, что тариф, рассчитанный методом доходности инвестированного капитала, возрастает относительно незначительно, несмотря на то, что в необходимой валовой выручке (НВВ) при методе RAB учитываются такие показатели, как возврат инвестированного капитала и доход на инвестированный капитал. На ТЭЦ МЭИ остро необходимо инвестирование капитала для реконструкции оборудования, которая позволила бы увеличить ее конкурентоспособность на рынках тепловой и электрической энергии. В работе обосновано предложение о переходе ТЭЦ МЭИ на метод регулирования RAB.

Литература

1. Экономика энергетики / Н.Д. Роголёв и др. М.: Издательский дом МЭИ, 2011.

В.А. Василенко, студ.; рук. В.В. Бологова, доц. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ г. СЕВЕРОДВИНСКА

Ключевыми задачами теплоснабжения являются обеспечение его нормативной надежности и повышение энергетической эффективности [1]. Актуальность выбранной темы вызвана высоким износом и повреждаемостью Северодвинских тепловых сетей и заключается в необходимости их модернизации с целью снижения технологических затрат при транспортировке тепла и повышения надежности теплоснабжения. Объект исследования – система централизованного теплоснабжения (далее СЦТ) г. Северодвинска. Предмет – оценка экономической эффективности проведения мероприятий по реконструкции СЦТ. Цель работы – выбор экономически эффективного варианта модернизации СЦТ с индексом доходности не менее 4 %.

В работе проведена оценка эффективности замены участка СЦТ. В соответствии с проектом реконструкции капитальные затраты будут окупаться за счет экономии текущих издержек. В табл. 1 приведены основные показатели экономической эффективности.

Таблица 1

Показатели экономической эффективности проекта

Наименование показателя	Значение
Капитальные затраты, тыс.руб.	126993,99
Ежегодная экономия, тыс.руб./год	13650,75
ЧДД, тыс.руб.	5204,13
Дисконтированный срок окупаемости	24 года 8 месяцев
ИДД, руб/руб	1,04

По всем экономическим показателям проект является эффективным и рекомендуется к внедрению.

Личный вклад заключается в проведении анализа СЦТ и выявлении в ней проблемных частей, обработке альтернативных вариантов модернизации, расчетов и выводов по экономической эффективности лучшего варианта и его влиянии на тариф на тепловую энергию.

Полученные результаты о модернизации данного участка показали свою эффективность и могут быть распространены на другие участки тепловой сети или другие системы централизованного теплоснабжения с учетом корректировок.

Литература

1. **Соколов Е.Я.** Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. М.: Издательство МЭИ, 2001. 472 с.

Ю.Р. Гарбузюк, студ.; рук. А.Ю. Амелина, доц., к.э.н. (НИУ «МЭИ»)

ОРГАНИЗАЦИОННО–ПРАВОВЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Теплоснабжение остается важнейшей отраслью жилищно-коммунального хозяйства России. В России обеспечивают теплом потребителей 485 ТЭЦ, около 6,5 тысяч котельных мощностью более 20 Гкал/ч, более 100 тысяч мелких котельных и около 600 тысяч автономных индивидуальных теплогенераторов. Суммарная реализация теплоэнергии составляет порядка 2060 миллионов Гкал/ч. На снабжение теплом населения расходуется около 400 миллионов т у.т/год. Также данная отрасль обеспечивает рабочими местами порядка 2 миллионов человек (это люди, работающие в организациях, занимающихся строительством, эксплуатацией, наладкой, контролем систем теплоснабжения). В России самым распространенным является централизованное теплоснабжение (одна система теплоснабжения обеспечивает тепловой энергией целый район) [1].

Цель исследования — изучение организационно-правовых и экономических аспектов организации систем теплоснабжения и сравнительный анализ тарифов для ТЭЦ путем подключения к системе центрального теплоснабжения и методом альтернативной котельной.

В ходе работы проведен сравнительный анализ тарифов, определяемых на основе разных способов теплоснабжения: 1) при подключении части потребителей к альтернативной котельной (АК), построенной с использованием водогрейного котла Viesmann Vitomax 300-LT с номинальной тепловой мощностью 9,8 МВт; 2) на основе системы централизованного теплоснабжения Ярославской ТЭЦ-2.

Тариф методом АК для данного региона на 2017 год составил 740,57 руб., в то время как прогнозируемый тариф при подключении к системе централизованного теплоснабжения составляет 996,05 руб.

На основании приведенных расчетов тарифа на тепловую энергию при подключении потребителей к альтернативной котельной можно сделать следующий вывод: тариф, действующий при подключении потребителей тепловой энергии к системе центрального теплоснабжения, значительно превышает предельный тариф, установленный по методу альтернативной котельной. Исходя из этого можно говорить о необходимости разработки рекомендации для Ярославской ТЭЦ-2 по повышению ее энергоэффективности.

Литература

1. **Постановление Правительства РФ от 22.10.2012г. № 1075 «О ценообразовании в сфере теплоснабжения».**

АНАЛИЗ ЦЕНОВОЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТЭЦ НА РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Особенностью российской электроэнергетики является производство энергопродуктов в теплофикационном цикле. Основой систем теплофикации являются теплоэлектроцентрали. ТЭЦ отличаются высокими показателями эффективности при работе в базовом теплофикационном режиме, обеспечивая минимальные удельные расходы топлива на производство энергопродуктов. Также стоит отметить экологичность производства, что позволяет располагать электростанции в черте города и комплексно решать вопросы энергоснабжения [1].

Проведенный статистический анализ временных рядов выработки энергетических продуктов на ТЭЦ г. Москвы (см. рис. 1) показал, что доля производимой электроэнергии на данном виде тепловой генерации снижается [2]. Наблюдается тенденция к вытеснению ТЭЦ с рынка электроэнергии.

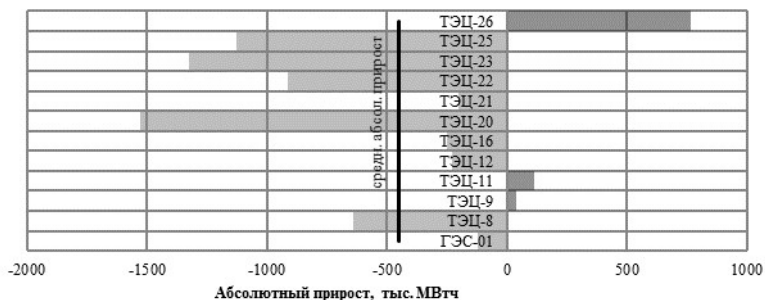


Рис. 1. Абсолютный прирост выработки электроэнергии к базовому периоду 2010 г.

Установлено, что при переходе к рыночной экономике положение ТЭЦ ухудшилось в связи с уменьшением потребления тепла из централизованной системы теплоснабжения ввиду развития децентрализованных энергосистем. Поскольку теплофикация является основным направлением энергетической политики РФ, становится актуальным разработка экономических инструментов повышения конкурентоспособности ТЭЦ.

Литература

1. **Конкурентные** рынки оптовой и розничной электроэнергии в России / В.А. Андреев, С.А. Баронин, И.О. Савинов, Ю.О. Толстых. М.: ИНФРА-М, 2013. 261 с.
2. **Топливо-энергетический** комплекс (ТЭК) Москвы [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mosenergo-inform.ru/>

Т.С. Зуева, студ.; рук. Д.А. Фрей, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА МИНИ-ТЭЦ С ORC-МОДУЛЕМ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ НА ПРИМЕРЕ ПОСЕЛКА БАТАКАН ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

В России существует большое количество автономных населенных пунктов с небольшой численностью жителей. Электрические нагрузки таких потребителей обычно достигают всего нескольких сотен киловатт, что делает подключение к единой энергосистеме неэффективным. Их электроснабжение осуществляется, как правило, дизельными электростанциями, что влечет за собой зависимость от дорогого привозного топлива, и является причиной превышения себестоимости производства электроэнергии над доходами от ее продажи.

В данной работе проведено технико-экономическое обоснование строительства мини-ТЭЦ на органическом цикле Ренкина для энергоснабжения поселка Батакан Забайкальского края. Установки с ORC-модулем имеют ряд преимуществ, описанных в [1]. В качестве топлива для ТЭЦ послужат местные ресурсы (пеллеты) – отходы деревообработки от лесопилок и завода по глубокой переработке древесины.

В ходе работы определена себестоимость электрической и тепловой энергии и рассчитаны технико-экономические показатели проекта, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Технико-экономические показатели проекта

Показатель	Сумма
Эл.мощность установки, МВт	1,3
Капитальные вложения, млн руб	171,8
Себестоимость эл.эн., руб/(кВт·ч)	0,95
Себестоимость теп.эн., руб/Гкал	703
Срок окупаемости	16 лет 8 месяцев
ЧДД, млн руб	11,4

Рассмотренный проект является экономически эффективным, а также может рассчитывать на государственную поддержку проекта в виде гарантий его доходности или субсидирования.

Литература

1. Белов Г.В., Дорохова М.А. Органический цикл Ренкина и его применение в альтернативной энергетике // Наука и образование. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. Эл. № ФС77 – 48211.

С.К. Зурнаджян, студ.; рук. Д.А. Фрей, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СХЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЧАСТНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ

Вся современная мировая экономика зависит от нефти, газа, угля и прочих видов ископаемого топлива [1].

В последние годы в России все большее внимание привлекает использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) не только для нужд сельскохозяйственных и промышленных объектов, но и для частного потребителя.

Особенно использование ВИЭ приобретает смысл на территориях, где технологическое единство с Единой энергетической системой России отсутствует. Одной из таких территорий является полуостров Камчатка на Дальнем Востоке России.

В данной работе обоснован выбор установок для использования энергии ветра для электроснабжения и низкопотенциального тепла грунта для нужд отопления частного дома в городе Петропавловске-Камчатском. Обоснована экономическая эффективность использования этих установок [2].

Были рассчитаны суммарные затраты потребителя для двух вариантов энергоснабжения:

1. Покупка энергоресурсов из сети;
2. Использование ВИЭ.

Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Суммарные затраты потребителя

Схема энергоснабжения	Суммарные затраты, руб.	Эффект, руб.	Эффективность, %
Энергоресурсы из сети	2210849,8	108170,80	4,9
ВИЭ	2102679,0		

Экономия получилась незначительной, однако в работе представлены факты, которые повышают значимость использования возобновляемых источников энергии для электроснабжения и нужд отопления для частного потребителя.

Литература

1. **Германович В., Турилин А.** Альтернативные источники энергии и энергоснабжение. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. СПб.: Наука и Техника, 2014. 320 с.

2. **Экономика промышленности** / А.И. Барановский, Н.Н. Кожевников, Н.В. Пирадова и др.: учебное пособие для вузов. М.: Издательство МЭИ, 1998. 296 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ

Проблема управления режимами работы ТЭЦ исследовалась многими авторами, и в данной области существуют научные и практические разработки. За последние годы в электроэнергетике России произошли радикальные преобразования. Изменилось оперативно-диспетчерское управление, возникли конкурентные отношения в производстве и сбыте электроэнергии. Преобразования привели к существенному изменению электроэнергетической системы и, следовательно, научных и практических методов управления режимами [1].

В настоящее время многие станции недогружены по теплу вследствие большого оттока потребителей в 90-е годы, особенно использующих пар промышленных отборов. В связи с этим у станции повышаются расходы топлива, а значит и себестоимость продукции, что сказывается и на отпуске электрической энергии.

Оптимизация работы теплоэлектроцентрали является важной технико-экономической задачей, направленной на повышение эффективности использования природных ресурсов, которые служат топливом для ТЭЦ, и повышение экономической эффективности работы станции на рынке электроэнергии и тепла.

Работа имеет ценность в теоретической части, позволяет увязать основные положения функционирования рынков тепловой и электрической энергии с работой генерирующего предприятия, состоянием и наличием оборудования в работе. Складывается полное впечатление о процедурах оптимизации режимов работы теплоэлектроцентрали с учетом консервации недогруженных мощностей.

Таблица 1

Сравнение вариантов консервации

Показатель/вариант	1	2
ЧДД, млн.руб.	3,15015	37,0116
Ток, мес.	11	7
ИДД	1,08	1,42
% соот. оптим.реж.	54,5	68,1

Итогом работы являются режимные карты машинного зала и графики относительных приростов, с помощью которых можно оптимально загрузить станцию.

Литература

1. **Веников В.А., Журавлёв В.Г., Филиппова Т.А.** Оптимизация режимов электростанций и энергосистем. М.: Энергоиздат, 2012. 484 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ АО «ЧУКОТЭНЕРГО»

Одним из наиболее актуальных вопросов в энергетике в настоящее время является вопрос энергетической эффективности предприятий. Этому вопросу уделяется значительное внимание, как на федеральном, так и на региональном уровнях.

Так, в 2009 году был принят федеральный закон «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности», в соответствии с которым тепловые электростанции и сети обязаны повышать эффективность производства и передачи тепловой и электрической энергии. Кроме того, разрабатываются региональные требования к программам предприятий в этой сфере [1—3].

Автором анализируются основные технические и организационные мероприятия по энергосбережению АО «Чукотэнерго» на 2015—2010 гг. на предмет их потенциальной результативности и соответствия государственным требованиям.

В частности, исследуется эффективность внедрения автоматической системы контроля и учета энергоресурсов с применением инновационных технических и программных разработок, замены устаревшего оборудования на новое, проведения реконструктивных и очистительных работ и других мероприятий.

Выявлено, что эти меры позволят снизить расход топлива на производственные нужды, сократить потребление тепловой и электрической энергии на собственные и хозяйственные нужды станции, снизить потери с отпуском тепла в горячей воде, повысить надежность работы станции.

Экономический эффект от реализации программы состоит в снижении потребляемых энергетических ресурсов и сокращении потерь тепловой и электрической энергии. Суммарный экономический эффект составит порядка 44 млн. руб./год.

Литература

1. **Федеральный закон** «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» от 23.11.2009 № 261-ФЗ.
2. **Зимин Н.Е., Солопова В.Н.** Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятий: учебник. М.: Колосс, 2007. 382 с.
3. **Приказ Минэнерго** «Об утверждении инвестиционной программы АО «Чукотэнерго» на 2016—2018 гг.»

ПОСТРОЕНИЕ ПРОГНОЗОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В условиях экономического кризиса являются актуальными повышение эффективности генерации энергии и совершенствование стратегии управления энергопроизводством.

В данной работе построена модель энергетического предприятия, на основе имитационного моделирования разработаны прогнозные сценарии функционирования на период 2016—2018 гг.

В качестве входных воздействий модели энергообъекта использованы реальные статистические данные Самарской ГРЭС по капитальным, трудовым и топливным ресурсам за период с 1994 по 2015 гг., выходной величиной является суммарный выпуск энергии.

В качестве модели энергопредприятия принята трехфакторная неоднородная производственная функция типа Кобба-Дугласа [1], имеющая удовлетворительные прогнозные свойства, которые дополнительно исследованы с помощью ретроспективного прогноза. Среднеквадратичное отклонение составило 7%, поэтому следует строить краткосрочный прогноз на 2016—2018 гг.

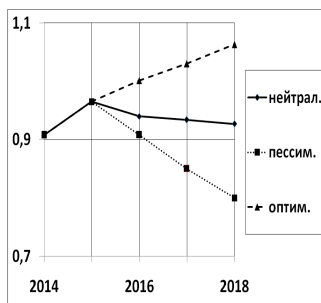


Рис. 1. Прогнозные сценарии выпуска энергии СамГРЭС на 2016–2018 гг.

Результаты перспективного прогнозирования представлены на рис. 1. Изменения выпуска энергии определены величиной ежегодных внутренних инвестиций в производство, которые вкладываются из дохода предприятия. Таким образом, управляющей переменной является доля инвестиций s в структуре ежегодного выпуска продукции.

Стабильный рост выработки энергии получается при $s = -0,2$, спад энергопроизводства $s = 0,2$, а нейтральный сценарий получен при $s = 0$. Полученные результаты прогнозного моделирования свидетельствуют о неэффективном использовании капитальных ресурсов. Для повышения эффективности энергопроизводства необходимо их сокращение.

Литература

1. **Имитационное** моделирование деятельности генерирующего комплекса на основе трехфакторной производственной функции / А.Г. Салов, А.А. Гаврилова, П.А. Князев, В.А. Круглов // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. Вып. 3 (24).

Ю.И. Карпенко, студ.; рук. В.В. Бологова, доц. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЭЦ-16, ФИЛИАЛА ПАО «МОСЭНЕРГО»

Эффективная работа городской энергосистемы предусматривает как надежное и бесперебойное тепло- и электроснабжение уже существующих потребителей, так и присоединение дополнительных городских нагрузок, включая ежегодный ввод в Москве более 4 млн м² жилья, и не может быть осуществлена без ввода новых генерирующих мощностей [1]. При этом ключевой задачей эффективной работы энергосистемы является сохранение и экономичное использование невозобновляемых источников энергии.

Актуальность выбранной темы вызвана высоким расходом топлива и высокими издержками на обслуживание паровых турбин на ТЭЦ-16. Модернизация реализуется рассмотренным в работе проектом строительства на ТЭЦ-16 современного высокоэкономичного парогазового энергоблока ПГУ-420Т. Предмет исследования — строительство энергоблока ПГУ-420Т и вывод из работы оборудования первой очереди в составе четырех турбогенераторов общей электрической мощностью 130 МВт. Цель исследования – оценка экономической эффективности проведения мероприятий по модернизации ТЭЦ-16.

Проведенные в работе расчеты и анализ показали, что строительство блока ПГУ-420Т позволит увеличить годовую выработку электроэнергии на 32 % и годовой отпуск тепловой энергии на 8 %. При этом годовой расход условного топлива сократится на 7 %; себестоимость производства электроэнергии сократится на 39 %, а себестоимость производства тепловой энергии на 46 %.

В работе была выполнена оценка экономической эффективности ввода энергоблока ПГУ-420Т в эксплуатацию. Результаты расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели экономической эффективности проекта

Наименование показателя	Значение
ЧДД, млн руб.	3086,8
Дисконтированный срок окупаемости	8 лет и 1 месяц
ИДД, руб./руб.	2,3
ЧД, млн руб.	15591
Средняя рентабельность, руб./руб.	5,17

По всем экономическим показателям проект является эффективным и рекомендуется к внедрению.

Литература

1. Семёнов В.Г. Теплоснабжение Москвы — направления реформы // Электронный журнал «ЭСКО».

К.С. Кирюшина, студ.; рук. Д.А. Смирнова, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ЗАМЕНЫ ЭНЕРГОБЛОКА НА ПГУ-420

Тепловая и электрическая энергия в наше время являются одними из наиболее востребованных продуктов. Без них невозможно представить себе повседневную жизнь современного человека. От этих продуктов зависят все сферы деятельности различных учреждений. Энергетика является системообразующей отраслью экономики, и цены в ней оказывают влияние на уровень цен в целом по стране.

В целях повышения эффективности деятельности электростанции, вырабатывающей энергетическую продукцию, возможна модернизация производства путем замены устаревшего оборудования на более совершенные с технической точки зрения аналоги, ввод которых снизит годовые затраты на производство и приведет к снижению себестоимости электрической и тепловой энергии.

Предварительная оценка эффективности инвестиционного проекта показала, что замена энергоблоков Т-110-130 (3 шт.), ПТ-60/75-130/17 (1 шт.) и Т-30-90(1 шт.) (ПАО «Мосэнерго» ТЭЦ-20) на ПГУ-420 приведет к снижению годовых затрат на производство на 17,37%; снижению себестоимости электроэнергии – на 29,26%; снижению себестоимости тепловой энергии – на 5,13%.

В табл. 1 приведены результаты расчетов, полученные в ходе анализа проекта.

Таблица 1

Себестоимость энергетической продукции и годовые затраты на производство

Показатели	До модернизации	После модернизации
Себестоимость электроэнергии, руб/(кВт·ч)	1,88	1,3
Себестоимость тепловой энергии, руб/ГДж	221,4	210,04
Годовые затраты, млн руб/год	9693,3	8009,45
Суммарный дисконтированный денежный поток, млн руб.	70672,6	66054,7

После всех проведенных расчетов выявлено, что замена изношенного оборудования на новую парогазовую установку аналогичной мощности дает положительный экономический эффект.

Ф.Д. Никитенков, студ.; рук. Д.А. Фрэй, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ КОМПАНИИ

Основой энергетического комплекса Российской Федерации является производство тепловой и электрической энергии [1]. Главным вопросом в современной энергетике является снижение затрат на производство тепло- и электроэнергии, которого можно добиться путем нахождения резервов экономии ресурсов. Топливная составляющая производственной себестоимости энергии была и будет основной, превышающей две трети всех издержек [2].

В данной работе за основу расчетов взяты данные технико-экономических показателей (ТЭП) Воронежской региональной генерации (РГ) за 2015 год. С помощью данных о расходах топлива на отпуск обоих видов энергии можно построить модель чистого денежного потока (ЧДП), которая отражает притоки и оттоки денежных средств по всей производственной деятельности данного филиала. Определен ЧДП путем взаимосвязи подтаблиц ТЭП, затрат, себестоимости производства тепло- и электроэнергии, выручки по основной производственной деятельности, данным по фонду оплаты труда. Основные рассчитанные показатели для формирования модели ЧДП и результаты моделирования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные показатели модели ЧДП

Показатель	Значение	Ед.изм
Топливная составляющая, у.т. всего	895756,0	т.у.т
Себестоимость производства электрической энергии	1,45	руб./((кВт·ч)
Себестоимость производства тепловой энергии	784,04	руб./Гкал
Выручка	5570699,9	тыс.руб
Затраты	4958038,3	тыс.руб
ФОТ	355439,9	тыс.руб
ЧДП	133513,9	тыс.руб

В разработанной модели автоматически рассчитывается ЧДП при изменении какого-либо показателя в структуре подтаблиц модели. Модель может быть достаточно легко адаптирована для других тепловых станций.

Литература

1. **Структура энергетического** комплекса РФ [Электронный ресурс]. URL: <http://utmagazine.ru/posts/10560-ekonomika-rossii-cifry-i-fakty-chast-7-energetika>
2. **Кудинов А.А.** Тепловые электрические станции. Схемы и оборудование: учебное пособие. М.: Инфра-М, 2014.

Г.А. Панфилов, студ.; рук. С.К. Зиганшина, к.т.н., доц.
(СамГТУ, г. Самара)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ РАСШИРЕНИЯ САМАРСКОЙ ТЭЦ

Самарская ТЭЦ была введена в эксплуатацию в ноябре 1972 года. Первоначально на Самарской ТЭЦ было установлено пять котлов БКЗ-420-140 НГМ, одна турбина ПТ-60-130/13 и три турбины Т-100/120-130-3. В декабре 2002 года введена в эксплуатацию турбина Р-50-130/13, перевезенная с Новокуйбышевской ТЭЦ-2. В результате на Самарской ТЭЦ появился дефицит пара, т.к. установленная мощность паровых котлов не стала соответствовать установленной мощности паровых турбин. Требуемое количество свежего пара для номинальной работы турбин составляет 2289,2 т/ч [1]. Недостающее количество пара равно 326,7 т/ч.

Для покрытия дефицита пара и увеличения выработки тепловой и электрической энергии рассмотрим вариант расширения Самарской ТЭЦ двумя энергетическими котлами БКЗ-420-140 НГМ и турбиной Т-100/120-130-3. Выполнены расчеты, в результате которых определены данные для ввода в программу «Альт-Инвест-Прим» [2]: полная величина капитальных вложений $\Sigma KB = 5928$ млн руб.; дополнительный годовой отпуск тепловой и электрической энергии $\Delta Q_{\text{отп}} = 763\,875$ Гкал/год, $\Delta E_{\text{отп}} = 679\,250$ МВт·ч/год; годовой расход условного топлива в денежном выражении на выработку дополнительной тепловой и электрической энергии $I_T = 816$ млн. руб./год при стоимости условного топлива 3000 руб./т.у.т; годовые затраты на оплату труда обслуживающего персонала $I_{\text{зп}} = 3,312$ млн руб/год. Приняты следующие значения тарифов на тепловую и электрическую энергию: 1500 руб/Гкал; 2,5 руб/(кВт·ч) соответственно.

Анализ эффективности проекта расширения Самарской ТЭЦ с использованием программы «Альт-Инвест-Прим» проводился при индексе дисконтирования E , равном 12 и 15%. Определено, что простой срок окупаемости капитальных вложений составляет 5,2 года, дисконтированный срок окупаемости – 6,8 года (при $E = 12\%$). Чистый дисконтированный доход составляет 2375707 тыс.руб при $E = 12\%$ и 1549384 тыс. руб при $E = 15\%$. Расчетное значение рентабельности инвестиций NPVR = 41,6% (при $E = 12\%$). Анализ результатов расчетов показывает достаточно высокую эффективность проекта расширения Самарской ТЭЦ двумя энергетическими котлами БКЗ-420-140 НГМ и турбиной Т-100/120-130-3.

Литература

1. Кудинов А.А. Тепловые электрические станции. Схемы и оборудование: учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 2012. 325 с.
2. Кудинов А.А., Зиганшина С.К. Энергосбережение в котельных установках ТЭС и систем теплоснабжения. М.: ИНФРА-М, 2016. 320 с.

Н.А. Погребная, студ.; рук. Е.М. Лисин, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАТРАТ НА ТЭЦ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ОСНОВНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Современная Россия унаследовала от СССР достаточно развитый комплекс тяжелой промышленности. Теплофикационные электростанции, называемые теплоэлектроцентралями (ТЭЦ), были рациональным образом встроены в общую энергосистему СССР и отличались высокими показателями эффективности [1].

После перехода к рыночной экономике положение теплоэлектроцентралей в российской энергетике стало заметно хуже, и на сегодняшний момент явно намечена тенденция их дальнейшего вытеснения с энергорынка по причине слабой их приспособленности к условиям конкуренции с прочими производителями и поставщиками.

Теплофикация является одним из основных направлений энергетической политики Российской Федерации, держащей курс на энергосбережение, становится актуальным проведение анализа методов распределения затрат между двумя энергетическими продуктами с учетом возможных режимов работы основного энергооборудования в течение года с позиции обеспечения конкурентоспособности производства.

Целью работы является экономическое обоснование выбора наиболее оптимального метода распределения затрат между электрической и тепловой энергией для каждого из режимов функционирования Нижнекамской ТЭЦ (ПТК-1), выступающей объектом исследования.

При формировании заявки на РСВ руководству станции следует выбирать такой метод распределения топливных затрат, который позволил бы предложить электроэнергию по цене ниже прогнозной равновесной. Рассматриваются физический метод распределения и метод ОРГРЭС.

Проанализировав результаты расчета распределения затрат, можно сделать вывод, что ни один из методов не позволяет Нижнекамской ТЭЦ (ПТК-1) быть конкурентоспособной в течение всего года. Существует необходимость совершенствования методов распределения топливных издержек, поскольку, несмотря на многообразие подходов к данной проблеме, на сегодняшний день пока не существует универсального, который показал бы свою эффективность в любых допустимых условиях эксплуатации оборудования.

Литература

1. **Анализ проблем функционирования и предложение решений по повышению конкурентоспособности ТЭЦ в условиях энергорынка / Е.М. Лисин, Ю.А. Анисимова, А.А. Кочерова, М. Стрелковски // Вестник НГИЭИ. 2015. № 3 (46).**

К.П. Рыбакова, студ.; рук. А.С. Тарасова, к.э.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ОЦЕНКА ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭНЕРГОКОМПАНИЙ

Основой стабильной деятельности предприятия в рыночных условиях служит его финансовая устойчивость. Она отражает такое состояние финансовых ресурсов, при котором организация, свободно маневрируя денежными средствами, способна путем их эффективного использования обеспечить бесперебойный процесс производства и реализации продукции (работ, услуг) [1]. На финансовую устойчивость организации могут повлиять следующие факторы: инфляция, изменения налоговой системы, экономическая политика государства, колебания валютных курсов.

Оценка величины и структуры активов и пассивов является главной задачей анализа финансовой устойчивости. Исследование финансового состояния, в частности энергетических предприятий, в настоящее время особенно актуально в условиях экономического кризиса.

Динамика показателей автономии энергокомпаний за последние 3 года представлена в табл. 1.

Таблица 1

Энергетическое предприятие	Коэффициент автономии предприятий		
	2013	2014	2015
РусГидро	0,76	0,84	0,83
РосЭнергоАтом	0,85	0,87	0,88
ТГК-2	0,32	0,29	0,27
ОГК-2	0,69	0,63	0,57
Интер РАО - Электрогенерация	0,81	0,80	0,76

Коэффициент автономии характеризует, какая часть активов предприятия сформирована за счет собственных источников средств. Из полученных данных следует, что в 2015 году многие энергетические предприятия России стали менее финансово устойчивыми, недостаточно стабильными и более зависимыми от внешних кредиторов по сравнению с 2014 годом. Предприятие в состоянии покрыть все свои обязательства собственными средствами, если их вес в валюте баланса больше или равен 50%, анализ показал, что на энергетическом рынке присутствуют финансово неустойчивые организации.

Литература

1. **Методологические** рекомендации по проведению анализа финансово-хозяйственной деятельности организаций (утв. Госкомстатом России 28.11.2002)

ОЦЕНКА ПРИБЫЛЬНОСТИ И РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ЭНЕРГОКОМПАНИЙ

Основными показателями финансовой результативности работы любого предприятия является прибыльность и рентабельность.

Прибыльность — это способность предприятия генерировать прибыль и осуществлять рентабельную деятельность. Показатели рентабельности являются относительными характеристиками финансовых результатов и эффективности деятельности предприятия [1].

Исследование заключается в оценке и анализе прибыльности и рентабельности энергокомпаний за последние годы их деятельности.

При оценке прибыльности и рентабельности энергокомпаний следует рассматривать следующие показатели: коэффициент генерирования доходов, рентабельность активов, рентабельность инвестированного капитала, рентабельность собственного капитала, валовая рентабельность реализованной продукции, операционная рентабельность реализованной продукции, чистая рентабельность реализованной продукции.

Показатели валовой рентабельности реализованной продукции энергокомпаний за 2013 -2015 годы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Валовая рентабельность реализованной продукции энергокомпаний

№	Энергопредприятие	Валовая рентабельность реализованной продукции, %		
		2015 год	2014 год	2013 год
1	ТГК-1	7,95	9,51	8,8
2	ОГК 2	7,28	11	11
3	Интер РАО - Электрогенерация	9,93	10,99	9,35
4	РосэнергоАтом	39,28	41,7	41,36
5	РусГидро	40,2	39,65	45,88

На основе данной таблицы можно судить о зависимости показателей валовой рентабельности от специфических особенностей деятельности предприятий. Так, рентабельность гидро- и атомных электростанций значительно превышает аналогичный показатель теплоэлектростанций.

Литература

1. Юркова Т.И., Юрков С.В. Экономика предприятия. М.: ГроссМедиа, 2008.

*А.В. Сасева, студ.; рук. В.А. Никифоров, к.т.н., доц.
(Филиал МЭИ в г. Смоленск)*

ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Теплоэнергетика в настоящее время представляет собой отрасль, которая охватывает задачи выработки, преобразования и использования тепловой энергии. Теплоэнергетическое оборудование и установки представляют собой главную составляющую в устройствах выработки тепловой энергии. Экономический кризис в России привел к замедлению технического прогресса, в связи с этим увеличился расход на выработку единицы тепловой энергии в 1,5 раза. Одной из основных проблем развития теплоэнергетических предприятий является то, что большая часть задействованного оборудования изношена. Разработка и внедрение эффективных энергоблоков стоит практически на месте в отличие от зарубежных компаний. Паротурбинные установки достигают КПД равного лишь около 40%, за рубежом подобные установки достигают 55%. Теплоэнергетические компании мало используют возможности сжигания твердого топлива [1]. Все это ведет к разрушению угольной промышленности, в которой себестоимость добычи угля превышает цену на газ.

Решение данных проблем способствует использованию современных парогазовых установок (ПГУ), которые могут осуществлять свою деятельность более эффективно для задач выработки тепловой энергии. К таким задачам ПГУ можно отнести: снижение удельных расходов топлива; разработка новых критериев безопасности, которые бы учитывали структуру установок, реальные условия функционирования; повышение тепловой экономичности энергоустановок; снижение затрат на единицу вводимой мощности; снижение выбросов вредных веществ. Также одним из перспективных направлений является использование ПГУ-Т (ПГУ, работающим на твердом топливе с превращением его в газ или же ПГУ с газификацией угля) с возможностью повышения КПД на 7-10%. Главной целью использования подобных парогазовых установок является достижение достаточного уровня автоматического регулирования, а также управления технологическими процессами.

Следует отметить, что предложенные решения позволяют решить ряд проблем недостаточной эффективности существующих тепловых установок и дадут возможность выйти на новый уровень развития устройств выработки тепловой энергии.

Литература

1. **Чухин И.А.** Анализ экономичности теплоэнергетических установок. М.: Олимп-Бизнес, 2014.

Н.Х. Тевосян, студ.; рук. В.А. Щевьёва, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОГЕНЕРАЦИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Данное исследование посвящено развитию энергетики на основе применения современных, прогрессивных методов выработки тепловой и электрической энергии за счет процесса когенерации. Созданная в прошлом веке централизованная система электрообеспечения исправно отслужила свой срок и в настоящее время уже не отвечает современным требованиям. При децентрализации возможно достичь снижения капитальных вложений за счет отсутствия тепловых сетей и снижения потерь на передачу электроэнергии на расстояния.

Одним из основных путей выхода из сложившейся ситуации может стать массовое и комплексное развитие когенерации. Когенерация позволяет экономить до 60 % энергии по сравнению с отдельной выработкой электроэнергии на электростанциях и использованием нагревательных котлов.

Рассматривая современный газопоршневой когенератор G3512E фирмы Caterpillar, мощностью 1 МВт, можно добиться годовой выработки электроэнергии в размере 6,5 млн кВт·ч и 6100 Гкал тепловой энергии соответственно. Чистый доход к 2041 году составит 1 050 987 тыс. руб., а окупаемость инвестиций при прогнозируемой инфляции Министерства Экономического Развития РФ [1] в 8 %, росте тарифов на покупку электроэнергии в 10 % и росте стоимости на газ — 7,5 %, составит 6 лет и 11 месяцев. При проектном сроке службы 25 лет показатель довольно приемлемый. Дисконтированный денежный поток нарастающим итогом составит 110 519 тыс. руб., что говорит о возможности рекомендовать проект к реализации.

Проанализировав устройство и экономический эффект от использования когенерационных установок, можно сделать следующие выводы:

- высокий КПД энергетической станции в режиме когенерации (80—95 %) обеспечивает максимальное использование энергии первичного топлива;
- экономия от работы покрывает все расходы на ее установку.

Литература

1. **Сценарные условия**, основные параметры прогноза социально-экономического развития Российской Федерации и предельные уровни цен (тарифов) на услуги компаний инфраструктурного сектора на 2016 год, Министерство экономического развития Российской Федерации, М., 2015.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ КОМБИНИРОВАННОЙ ВЫРАБОТКИ ЭНЕРГИИ НА ТЭЦ ВАЗа

Производство энергии на теплоэлектроцентралях после 1996 года осуществляется с повышенными затратами используемых ресурсов, что приводит к снижению эффективности производства энергии.

В данной работе приведены результаты анализа эффективности использования основных ресурсов теплоэлектроцентрали ТЭЦ ВАЗа. Анализ проводился с использованием степенной производственной функции типа Кобба-Дугласа следующего вида:

$$Y_m = AK^\alpha L^\beta, \quad (1)$$

где A — масштабный коэффициент; Y_m — фактическая выработка энергии; $m = 1, 2, 3$ — соответствующий выпуск продукции; 1 — выпуск суммарной энергии; 2 — выпуск тепловой энергии; 3 — выпуск электрической энергии; K — капитальные ресурсы; L — трудовые ресурсы; α и β — коэффициенты эластичности, показывающие как изменится выпуск энергии при изменении соответствующего ресурса на 1 %.

Параметры модели идентифицировались по статистическим данным производства тепловой энергии, электрической энергии и суммарной энергии, по величинам используемых капитальных и трудовых ресурсов за период деятельности теплоэлектроцентрали в течение 18 лет [1].

Результаты моделирования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость себестоимости выпускаемой энергии от коэффициентов α и β

Себест. энергии	A	α	β
S_Σ	1,022	-0,084	-0,093
S_t	0,98	-0,09	-0,15
S_e	1,074	0,174	0,081

Анализ коэффициентов эластичностей α и β показывает, что основные фонды и трудовые ресурсы используются неэффективно при производстве тепловой и суммарной энергии, т.е. они являются излишними и для повышения эффективности производства необходимо повышать выпуск этих видов энергии.

Литература

1. **Модельный** анализ эффективности совместного производства тепловой и электрической энергии региональной энергосистемой / Н.В. Дилигенский, А.А. Гаврилова, А.Г. Салов, В.К. Гаврилов // Известия вузов. Северо-кавказский регион. Технические науки. 2008. № 5. С. 37—40.

А.В. Янина, студ.; рук. Е.М. Лисин, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИНВЕСТИЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТА ПО ВНЕДРЕНИЮ СИСТЕМЫ ШАРИКОВОЙ ОЧИСТКИ НА ТЭЦ

Теплоэлектроцентраль – это разновидность тепловой станции, которая производит электроэнергию и тепло в едином технологическом процессе.

Помимо общего износа оборудования электростанции и тепловых сетей, можно выделить различные факторы, ограничивающие возможность эффективного использования теплоэлектроцентралей. Существует несколько методов, позволяющих решить проблемы данного типа. Один из таких методов включает в себя техническое решение, которое позволяет за счет повышения электрического КПД станции снизить удельный расход топлива и носит название «Система шариковой очистки» (СШО).

Главной целью СШО является поддержание в чистоте внутренней поверхности трубок конденсаторов паровых турбин и других теплообменников. Она позволяет предотвратить увеличение их термического и гидравлического сопротивлений и в результате улучшить экономичность работы теплообменника.

Для обоснования экономической целесообразности представленного технического решения был проведен инвестиционный анализ проекта по модернизации теплофикационной электрической станции [1]. Расчеты экономической эффективности инвестиционного проекта были проведены в программной среде Project Expert 7.

Инвестиционный план включал в себя строительство новой мини-ТЭЦ мощностью 12 МВт с учетом установки на ней СШО. Капитальные затраты составляли 50 млн. руб. Из них затраты на СШО составляли 5,2 млн. руб.

Результаты проведенных исследований показывают, что дисконтированный срок окупаемости составил 34 месяца, средняя норма прибыли на инвестиции — 49 %, чистый дисконтированный доход — 484, 1 млн руб., внутренняя норма доходности — 43,94%, индекс доходности — 2,31. Инвестиционный проект по введению в эксплуатацию системы шариковой очистки показал свою финансовую реализуемость и экономическую эффективность.

Литература

1. **Бирман Г., Шмидт С.** Экономический анализ инвестиционных проектов. Пер. с англ. под ред. Л.П.Белых. М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. 631 с.

СОДЕРЖАНИЕ

НАПРАВЛЕНИЕ — ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

Секция 20. Электромеханические преобразователи энергии	5
Секция 21. Физика и технология материалов и компонентов	37
Секция 22. Электротехнические и электромеханические системы и комплексы	55
Секция 23. Электрические и электронные аппараты	68
Секция 24. Электропривод и автоматика	94
Секция 25. Промышленные электротермические установки	119
Секция 26. Электрический транспорт	138

НАПРАВЛЕНИЕ — ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Секция 27. Инженерная экология	147
--------------------------------------	-----

НАПРАВЛЕНИЕ — ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ

Секция 28. Экономика в энергетике и промышленности	165
Секция 29. Менеджмент в энергетике и промышленности	197
Секция 30. Информационные технологии и информационная безопасность	222

НАПРАВЛЕНИЕ — ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ

Секция 31. Промышленная электроэнергетика	245
Секция 32. Энергетика теплотехнологии	259
Секция 33. Процессы и аппараты промтеплоэнергетики	285
Секция 34. Энергосбережение и промышленная экология	300
Секция 35. Промышленные теплоэнергетические системы	323
Секция 36. Электрохимическая и водородная энергетика	366
Секция 37. Экономика теплоэнергетики	378

Научное издание

**РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
И ЭНЕРГЕТИКА**

**Двадцать третья Международная научно-техническая
конференция студентов и аспирантов**

Тезисы докладов
В 3 томах

Том 2

Корректор *Г.Ф. Раджабова*
Компьютерная верстка и подготовка
оригинал-макета *М.Н. Маркиной*

Подписано в печать 30.01.17
Печать цифровая

Формат бумаги 60×84/16
Усл. п.л. 23,4

АО «Издательский дом МЭИ», 111024, Москва, 2-я Кабельная ул., д. 2

