

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 ВТОРАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ

25—26 февраля 2016 г., Москва

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ ТОМ 2



УДК 621.3+621.37[(043.2)]

Р 154

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕ-
Р 154 **ТИКА:** Двадцать вторая Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов (25—26 февраля 2016 г., Москва): Тез. докл. В 3 т. Т. 2. М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — 408 с.

ISBN 978-5-383-01018-1

ISBN 978-5-383-01020-4 (Том 2)

Помещенные в 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 978-5-383-01018-1

ISBN 978-5-383-01020-4 (Том 2)

© Авторы, 2016

© Национальный исследовательский университет «МЭИ», 2016

Направление
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА,
ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА
И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

Научный руководитель направления —

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

Секция 20

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ

*Председатель секции — зав. каф. ЭМ, д.т.н., профессор В.Я. Геча
Секретарь секции — ст. преподаватель В.И. Гончаров*

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

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Для решения задач оптимизации электромагнитный расчет электрической машины проводится с помощью анализа эквивалентных схем замещения магнитной цепи. Цепной метод расчета отличается низкой размерностью задачи и высокой скоростью расчета. С помощью метода зубцовых контуров создана схема замещения, учитывающая зубчатость статора, дискретность сосредоточенной обмотки и насыщение отдельных участков магнитопровода. Расчет нелинейной схемы замещения методом узловых потенциалов проводится в среде MatLab с использованием функции `fsolve`.

Рассматривается высокоскоростной генератор с постоянными магнитами (ВСГПМ), применяющийся при утилизации бытовых отходов в качестве микроэлектростанции, работающей по ОЦР (органическому циклу Ренкина). Генератор разрабатывается в Лаппеенрантском техническом университете аспирантом Н.Ужеговым под руководством проф. Ю. Пирхонена [1]. В генераторе применена зубцовая обмотка, размещенная на шести зубцах статора [2], и двухполюсный ПМ внутри стального кожуха на роторе. Описание схемы замещения состоит из статической части (отдельно статор и ротор) и динамически формируемой части (воздушный зазор). Зависимость проводимости взаимоиндукции зубцовых контуров статора и фиктивных контуров ротора от их взаимного положения ранее рассчитывалась путем анализа поля, но аналитический расчет четного и нечетного полей дал схожий результат. Кусочно-линейная интерполяция этой зависимости используется при формировании схемы замещения зазора для каждого требуемого положения ротора. Одновременно с поворотом ротора изменяются фазные токи стато-

ра, что позволяет учесть в модели реакцию якоря генератора. Реальный ВСПМ работает на выпрямительную нагрузку.

Эквивалентная схема замещения предусматривает возможность расчета вихревых токов в стальном кожухе ротора для учета их вклада в общие потери мощности.

Литература

1. **Uzhegov N., Nerg J., Pyrhönen J.** Design of 6-slots 2-poles High-Speed Permanent Magnet Synchronous Machines with Tooth-Coil Windings.

2. **Ayman M. El-Refaie** Fractional-Slot Concentrated-Windings Synchronous Permanent Magnet Machines: Opportunities and Challenges // IEEE Transactions on industrial electronics. January 2010. Vol. 57. No. 1.

М.А. Егоров, асп.; рук. С.В. Ширинский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПРОБЛЕМЫ КРЕПЛЕНИЯ ОБМОТКИ ЯКОРЯ К СЕРДЕЧНИКУ В БЕСПАЗОВЫХ МАШИНАХ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

Приступая к конструированию синхронных двигателей средней мощности с беспазовыми якорями, следует обратить особое внимание на крепление обмотки якоря к сердечнику, его механические свойства и технологию изготовления. Виды и технология таких креплений в синхронных машинах небольшой мощности с беспазовым якорем с постоянными магнитами описаны в [1] (§ 2.3). Главным недостатком этих методов является то, что крепление обмотки к якорю приклеиванием допускается лишь для машин с моментом менее 10 Нм. В машинах большей мощности во избежание отрыва обмотки от якоря в процессе работы требуется создание более прочного и надежного крепления.

Вариантом решения данной проблемы является создание крепления обмотки из электроизоляционного материала, в качестве которого могут служить термостойкие пластмассы. В таком случае крепление обмотки будет выполнять еще и изоляционную функцию. Недостатком большинства пластмасс является низкая стойкость к износу, высокое температурное расширение (а также ползучесть) и сложно прогнозируемое старение. Но существуют пластмассы, которые могут выдерживать воздействие аномально высоких температур. Авторами предлагается использование в качестве крепления обмотки якоря в немагнитном зазоре каркаса из полиамид-имидной смолы (PAI torlon), обладающей отличной стойкостью к механическим воздействиям и высоким температурам — до 250 °С, что значительно больше, чем класс С нагревостойкости изоляции электрических машин (180—200 °С). Полиамид-имид легко поддается механической обработке, имеет высокую степень стабильности размеров во всем диапазоне рабочих температур. В поперечном сечении полиамид-имидной трубы высверливаются отверстия, соответствующие секциям обмотки, в них укладываются проводники, выполняются требуемые электрические соединения, формируются и изолируются лобовые части, и каркас с обмоткой запрессовывается в кольцо сердечника якоря.

Литература

1. **Ледовский А.Н.** Электрические машины с высококоэрцитивными постоянными магнитами. М.: Энергоатомиздат, 1985.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ ПРИ УЧЕБНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Курсовое проектирование асинхронных двигателей является продолжением лекционных и практических курсов, читаемых студентам на кафедре электромеханики НИУ «МЭИ». В ходе работы над курсовым проектом каждый студент сталкивается с определенными трудностями, связанными с большими объемами рутинных расчетов. Как показывает практика, в первую очередь каждый студент стремится к выполнению учебного плана, и поэтому понимание процессов проектирования в ходе расчета нередко отходит на второй план, уступая место стремлениям к успешной и своевременной защите проекта. Рутинные расчеты, «подгонка» результатов, зубрежка перед защитой — все это радикально снижает качество проводимых расчетов.

Для решения этих проблем автором предлагается использование расчетного комплекса, созданного на основе технологии электронных таблиц. Комплекс позволяет распределить расчеты между студентом и ЭВМ, оставляя последней рутинные расчеты и принятие неоспоримых решений (число слоев обмотки статора, марки алюминия обмотки КЗ ротора, стали сердечников, построение характеристик и т.п.), а также оценку адекватности полученных результатов. Однако он не является полноценной САПР, что и не требуется для учебного проектирования. Студент сам принимает важнейшие инженерные решения (выбор размерных соотношений сердечников, электромагнитных нагрузок, конфигурации обмоток и т.д.). Комплекс основан на методике проектирования, изложенной в книге под ред. И.П. Копылова «Проектирование электрических машин», с небольшими изменениями (в частности, на основе построенных рабочих характеристик подпрограмма прогнозирует значение номинального скольжения).

Данная программа может быть полезна и преподавателю для оценки выполненной студентом работы; она существенно снижает возможности фальсификации итоговых результатов и освобождает время для рассмотрения иных вопросов, связанных с проектированием асинхронного двигателя (конструирование, расчет вала, экономический расчет, создание чертежей «с нуля» и т.п.).

*Р.А. Закирова, А.Р. Мугалимова, студенты;
рук. Р.Г. Мугалимов, д.т.н., проф. (МГТУ им. Г.И. Носова,
г. Магнитогорск)*

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАСЧЕТА СЕБЕСТОИМОСТИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА С ПОВЫШЕНИЕМ КЛАССА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АД

В процессе эксплуатации электрических асинхронных электродвигателей (АД) они по различным причинам выходят из строя. До 60 % причин выхода из строя АД являются повреждения обмоток статора. Традиционный капитальный ремонт АД предусматривает замену обмотки статора. Капитальный ремонт приводит к ухудшению энергетических параметров АД: снижается КПД, увеличиваются ток холостого хода и магнитные потери. При капитальном ремонте АД всегда стоит проблема выбора и обоснования целесообразности проведения традиционного ремонта или ремонта с повышением класса энергоэффективности — ремонт с модернизацией в АД с индивидуальной компенсацией реактивной мощности. Эта проблема обусловлена тем, что для модернизации требуются дополнительные трудовые и материальные затраты [1].

Для оценки трудовых и материальных затрат на капитальный ремонт асинхронных двигателей поставлена задача: разработка программного комплекса для расчета и оптимизации себестоимости капитального ремонта АД и ремонта АД с модернизацией на компенсированный вариант.

В основу программного комплекса положена технология традиционного ремонта и ремонта с повышением энергоэффективности. Программный комплекс предусматривает возможность задания или капитального традиционного ремонта, или ремонта с повышением энергоэффективности. Пользователь программного комплекса имеет возможность выбирать и задавать необходимый перечень технологических операций, а также изменять штатное расписание, квалификацию и цену рабочего времени исполнителей. Результаты расчетов трудовых и материальных затрат могут представляться по каждому специалисту и каждому материальному ресурсу, а также на общую стоимость ремонта. Для анализа результатов расчета они могут быть выведены в виде диаграмм по каждой технологической операции, каждому исполнителю и каждому ресурсу. Программа рекомендуется для электроремонтников.

Литература

1. Мугалимов Р.Г., Мугалимова А.Р. Технология реконструкции традиционных асинхронных двигателей на энергосберегающие варианты. //Электронный журнал «Машиностроение» Russian Internet Journal of Industrial Engineering. 2013. № 1.

А.В. Иванов, студ.; рук. Н.Ф. Котеленец, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ВЫБОР ТРАНСФОРМАТОРОВ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПО УСЛОВИЯМ ИХ НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ

Перспективным направлением по обеспечению устойчивой работы промышленных предприятий является правильность выбора трансформаторов по условиям их нагрузочной способности. Это необходимо для того, чтобы трансформатор смог работать с нагрузкой выше номинальной при определенных условиях эксплуатации (величины предшествующей и последующей нагрузки, температура охлаждающей среды, допустимая температура отдельных частей трансформатора) [1, 2].

В рамках поставленной задачи приведены:

- расчет основных характеристик и режимов трансформатора ТМ-630/10;
- расчет теплового режима трансформатора ТМ-630/10 для эквивалентного графика нагрузки при разных температурах окружающей среды и последующий расчет относительного износа изоляции;
- исследование нагрузочной способности трансформатора при разных температурах окружающей среды по результатам расчета относительного износа изоляции.

Полученные результаты позволяют определить, при каких температурах окружающей среды трансформатор сможет работать в заданном графике нагрузке без уменьшения срока службы.

Литература

1. **Котеленец Н.Ф., Акимова Н.А., Антонов М.В.** Испытания, эксплуатация и ремонт электрических машин. М.: Академия, 2003.
2. **Тихомиров П.М.** Расчет трансформаторов. М.: Энергоатомиздат, 1986.

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

СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТОРЦЕВОГО МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА

Разработка торцевых магнитоэлектрических генераторов малой мощности для ветроэлектрических установок осложняется отсутствием в свободном доступе проверенных методик проектирования данных машин. Имеющиеся методики проектирования торцевых машин не в полной мере отражают особенности их конструкции, а именно взаимосвязь радиальных и аксиальных размеров.

Предложена оригинальная инженерная методика определения основных размеров торцевого генератора с тороидальными катушками на гладком якоре и сегментными постоянными магнитами на роторе. Ее отличительные особенности — использование минимального количества независимых величин за счет использования взаимного влияния размеров друг на друга, а также расчет основных размеров генератора исходя из условия размещения внутренних лобовых частей обмотки якоря.

В среде «Maxwell» разработана трехмерная конечно-элементная параметрическая модель торцевого генератора, позволяющая рассчитывать различные характеристики генератора в установившихся и переходных режимах работы, а также исследовать влияние изменения размеров, свойств материалов на эти характеристики.

Методика проектирования и параметрическая модель генератора объединены в систему проектирования. Она объединяет предложенный проектный расчет генератора и поверочный электромагнитный расчет на трехмерной модели и позволяет исследовать как установившиеся, так и переходные режимы генератора в полевой постановке. Исходными данными для системы проектирования являются техническое задание и свойства материалов. Далее рассчитываются основные размеры генератора. По этим размерам автоматически строится трехмерная модель генератора с уже расставленными граничными условиями и необходимыми настройками решателя. Подключенная к зажимам фаз статора модели внешняя электрическая цепь дает возможность моделировать различные типы нагрузки — активные и активно-индуктивные сопротивления, управляемые и неуправляемые выпрямители.

В таком виде система проектирования может использоваться для совершенствования конструкции и характеристик торцевого магнитоэлектрического генератора.

СПОСОБ УПРОЩЕНИЯ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЦЕПИ ФОЛЬГОВЫХ ОБМОТКОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ

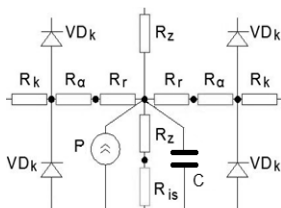


Рис. 1. Элемент схемы замещения тепловой цепи расчетной секции фольговой обмотки

Одним из требований к САПР трансформаторов является требование точности тепловых расчетов обмоток при высоком быстродействии. В то же время инженерные модели не учитывают некоторых особенностей современных типоразмеров, например, эффект вытеснения тока в фольговых обмотках.

Было предложено использовать в алгоритмах оптимизации уточненные тепловые модели обмоток, построенные на основе электрических схем замещения. Одной из проблем таких моделей является рост сложности модели при учете неоднородности среды концентраторов обмоток. В частности, в модели каждый виток ленточного проводника фольговой обмотки разбивался на расчетные секции (кольца). Электрическая схема замещения теплового состояния каждого кольца имеет вид, показанный на рис. 1. Упрощение, достигаемое путем объединения нескольких проводников в рамках одного концентратора, построенного из композитного материала (чередование витков проводника со слоями изоляции), привело к необходимости введения поправочных коэффициентов.

В случае однородной среды перепад температуры от точки с максимальной температурой до точки с координатой x можно определить как

$$\Delta T = \frac{1}{\lambda S} \int_0^{a/2} p x dx = \frac{p}{\lambda S} \frac{a^2}{8} = p a \frac{1}{8 \lambda S} = \frac{P}{2 \cdot 4} R_t = k \frac{P}{2} R_t, \quad (1)$$

где λ — коэффициент теплопроводности; S — площадь проводника в радиальном направлении; a — радиальная толщина расчетной секции; p — линейная плотность теплотерь; P — полные теплотери секции; $k = 1/4$ — поправочный коэффициент; R_t — тепловое сопротивление секции, вычисленное при допущении об отсутствии в ней теплотерь.

Формула (1) получена при допущении о непрерывности и однородности среды расчетной секции. Так как расчетная секция состоит из N витков, то поправочный коэффициент k отличается от предельного значения $1/4$. Проведенное исследование позволило построить зависимость $k = f(N, d_{из}/d_{пр})$, которая может быть использована при расчете теплового сопротивления в радиальном направлении R_r .

А.Б. Котов, студ.; рук. Ю.Б. Казаков, д.т.н., проф. (ИГЭУ, г. Иваново)

ПОЛЕВОЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ВИБРОШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Преобразование энергии в электрических машинах сопровождается возникновением шумов и вибрации от электромагнитных сил, зависящих от типа и конструкции машины, нагрузки, частоты вращения, частоты питающего напряжения, числа зубцов статора и ротора, обмотки статора и других факторов, в том числе формы напряжения источника питания [1]. Электрические машины создают шумовое загрязнение окружающей среды, оказывают негативное влияние на человека. Виброшумовые характеристики электрических машин регламентируются, принимают 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]. Отмечено, что присутствие высших гармоник в напряжении сети с суммарной амплитудой 20 % может увеличить амплитуду шумов и вибраций АД до 40 % [4].

Целью работы является проведение расчетных исследований виброшумовых характеристик АД при работе от ПЧ с ШИМ напряжения на базе полевого расчета методом конечных элементов. Это позволит учесть в расчетах возникающие пространственные и временные гармоники электромагнитных сил, распределенность магнитного поля и магнитных сил в частях электрической машины, конфигурацию зубцово-пазовой зоны, нелинейность характеристик материалов и другие факторы.

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. **Немцев А.Г., Фёдоров О.В., Шестакова Л.А.** О вибрации электродвигателей при наличии высших гармонических составляющих в напряжении источника питания // Труды VIII Междунар. конф. по автоматизированному электроприводе АЭП-2014. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. Т. 1. С. 330—331.

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА В PDETool

Актуальность темы обусловлена той ролью, которую играют машины постоянного тока (МПТ) в промышленности.

Для повышения точности расчетов МПТ в настоящее время используются конечно-элементные модели магнитного поля. Одним из наиболее популярных макетов математического моделирования является пакет MatLab, в состав которого входит пакет конечно-элементного моделирования физических полей PDETool.

Разработанный параметрический генератор конечно-элементной модели магнитного поля в PDETool представляет собой командный файл, содержащий программный код на языке MatLab. Данная программа позволяет строить конечно-элементную модель (рис. 1) автоматически по данным, поступающим из проектного расчета, и рассчитывать ее (рис. 2). Изменение этих данных приводит к полной автоматической перестройке модели.

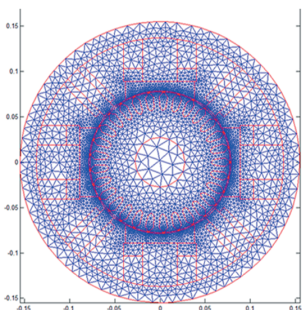


Рис. 1. Конечно-элементная сетка МПТ, созданная в PDETool

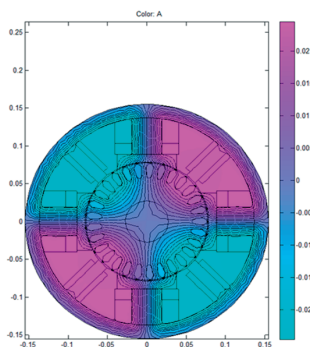


Рис. 2. Результаты расчета магнитного поля МПТ в PDETool

Кривая намагничивания стали аппроксимируется суммой четырех сигмоид. Коэффициенты сигмоид подбираются автоматически с использованием генетических алгоритмов.

Процесс генерации модели и расчет занимают около 3 — 7 мин, что недопустимо при использовании модели в САПР. При этом наблюдается плохая сходимость расчетного процесса, который иногда завершается аварийно. Поэтому сделан вывод о нецелесообразности использования пакета PDETool при проектировании МПТ и рекомендовано использовать для этих целей библиотеку EMLib, разработанную в ИГЭУ.

А.Р. Мугалимова, А.Р. Закирова, студенты;
рук. Р.Г. Мугалимов, д.т.н., проф. (МГТУ им. Г.И. Носова,
г. Магнитогорск)

ТЕХНОЛОГИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА АД С ПОВЫШЕНИЕМ КЛАССА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

При традиционном капитальном ремонте асинхронных двигателей (АД) предусматривается операция отжига и извлечения обмотки из пазов статора. Отжиг изоляции обмотки осуществляется в диапазоне температур 350—380 °С продолжительностью 5—7 ч. В результате этой технологической операции ухудшаются магнитные характеристики стали статора. При ремонте стремятся сохранить заводские обмоточные данные. Из-за ухудшения магнитных свойств стали статора и при сохранении обмоточных данных снижаются энергетические и другие показатели АД.

Предлагается технология капитального ремонта АД с модернизацией, обеспечивающей сохранение или повышение класса энергоэффективности двигателя. Модернизация заключается в создании из традиционного АД с одной трехфазной обмоткой статора в АД с индивидуальной компенсацией реактивной мощности, содержащей две трехфазных обмотки и трехфазный конденсатор определенной емкости. Новые параметры обмоток статора рассчитываются с учетом реального состояния стали статора, которые оцениваются инструментальным методом. На рис. 1 приведена схема капитального ремонта АД с повышением класса энергоэффективности, где пунктиром выделены новые операции: 16 — пересчет обмоточных параметров АД; 17 — моделирование на ЭВМ характеристик АД; 18 — принятие решения о перемотке по заводским или новым обмоточным данным; 19 — перемотка АД с модернизацией; 20 — экспресс-экспериментальная оценка характеристик АД [1].

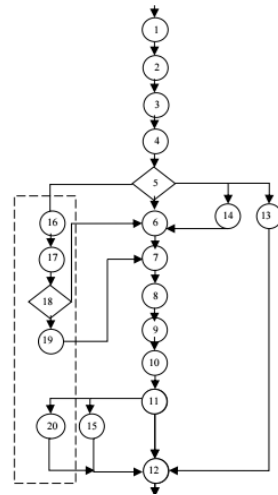


Рис. 1. схема капитального ремонта АД с повышением класса энергоэффективности

Литература

1. Мугалимов Р.Г, Мугалимова А.Р. Технология реконструкции традиционных асинхронных двигателей на энергосберегающие варианты //Электронный журнал «Машиностроение» Russian Internet Journal of Industrial Engineering. 2013. № 1.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ МАГНИТОЖИДКОСТНОГО ДЕМПФИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

При проектировании новых демпфирующих устройств возникает необходимость в простой и эффективной оценке получаемой силовой характеристики — зависимости силы сопротивления демпфера от скорости перемещения штока. Так как МЖД появились и начали активно исследоваться сравнительно недавно, а методы определения рабочих свойств для демпферов на классических жидкостях оказались малоприменимы для МЖД [1], то вопрос о разработке адекватной модели, позволяющей предварительно оценить свойства МЖД, актуален.

Следует отметить решения, приведенные в [2] и основанные на представлении МЖ как тела, описываемого моделью Шведова—Бингама. Недостаток данного подхода заключается в отсутствии учета начального участка реологической кривой МЖ, что даст неверные результаты при малых градиентах течения МЖ в зазоре.

Авторами предложена аналитическая модель, основанная на разбиении сложной реологической кривой МЖ на два участка с различными вязкостями [1]. Это позволяет говорить о результатах, более приближенных к реальным и менее зависящих от величины скорости сдвига в зазоре МЖД. Недостатком аналитических моделей является невозможность получения точного решения для каналов сложной формы. Для поиска новых технических решений и оценки свойств вновь создаваемых устройств разработана конечно-элементная модель МЖД. При исследовании магнитожидкостных устройств наиболее соответствующие реальности результаты можно получить только при взаимосвязанном моделировании нескольких физических полей [3].

Предложенные модели и полученные результаты исследований могут быть использованы для оценки силы сопротивления, создаваемой МЖД.

Литература

1. Казаков Ю.Б., Морозов Н.А., Нестеров С.А. Расчетный анализ силовой характеристики электромеханического магнитожидкостного демпфера // Вестник ИГЭУ. 2015. Вып. 4. С. 17—22.
2. Sireteanu T., Ghita G., Giuclea M. Modelling of dynamic behavior of magnetorheological fluid damper by genetic algorithms based inverse method // The 6th International Conference on Hydraulic Machinery and Hydrodynamics Timisoara, Romania, October 21—22, 2004. P. 619—628.
3. Казаков Ю.Б., Морозов Н.А., Нестеров С.А. Исследование взаимосвязанных процессов в магнитожидкостном демпфирующем устройстве // Вестник ИГЭУ. 2014. Вып. 6. С. 44—48.

*Д.В. Николаев, студ.; рук. М.А. Дубов, к.т.н., асс.
(ЯрГУ им. П.Г. Демидова, г. Ярославль)*

ПРИМЕНЕНИЕ ХАРВЕСТЕРОВ ДЛЯ ПИТАНИЯ МАЛОПОТРЕБЛЯЮЩИХ СЕНСОРОВ

С развитием электронных компонентов многие вещи стали портативными и потреблять мало мощности. К таким вещам можно отнести, например, телефоны, систему «Умный дом» и другие развивающиеся решения. Эти решения нацелены на мобильность, портативность и универсальность. Одним из главных препятствий к полной мобильности и портативности является система питания. С учетом широкого функционала устройств, питание от аккумулятора становится все более неэффективно, поскольку время работы достаточно малó. При использовании аккумуляторов большой емкости нарушается условие портативности. Одним из новых путей решения проблемы питания стало использование «харвестеров» для питания сенсоров и маломощных устройств [1].

Харвестер (с англ. «сборщик») — это устройство, способное преобразовать очень малое напряжение на входе в достаточно большое напряжение на выходе. На вход, как правило, подается напряжение с солнечных батарей, пьезоэлементов или других источников альтернативной энергии. Структурная схема преобразования энергии представлена на рис. 1. Харвестер на этом рисунке представлен блоком «Energy Conditioning».

По структурной схеме разработан прототип устройства, способного питать датчик XВee при нормальном режиме работы датчика. Помимо питания осуществляется постоянное накапливание энергии в накапливающее устройство, что обеспечивает весьма долговременную работу. Такая система может быть усовершенствована и в дальнейшем использована в мобильных телефонах, системах безопасности и контроля обстановки на предприятиях.

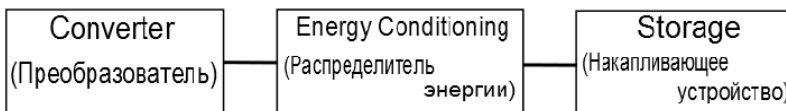


Рис. 1. Схема сбора энергии

Литература

1. **Penella M.T., Gasulla M.** A Review of Commercial Energy Harvesters for Autonomous Sensors, Castelldefels School of Technology, Dept. Electronic Engineering, Technical University of Catalonia, 2007.

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

ЛИНЕЙНЫЙ ГЕНЕРАТОР ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Разработанная методика проектирования линейного генератора предполагает выполнение трех этапов. На первом этапе выбираются главные размеры и дополнительные данные (схема обмотки, полюсное деление, форма пазов и зубцов статора и индуктора), позволяющие сформировать оптимизационную модель второго этапа, основанную на классической теории двух реакций. Расчеты по этой модели позволяют определить достаточные для выполнения поверочного расчета (третий этап) данные – число витков обмотки и глубину пазов. На третьем этапе проектирования выполняется поверочный расчет по конечно-элементной модели, в результате которого определяются временные зависимости ЭДС и токов, электромагнитной силы, индукции в контрольных участках магнитной цепи и мощность генератора при заданном сопротивлении нагрузки.

Особенности рабочего режима генератора обуславливают выбор обмотки якоря с дробным числом на полюс и фазу. Рассмотрены варианты конструкции, позволяющие улучшить распределение поля в элементах магнитной цепи, снизить пульсации электромагнитного тормозного усилия, повысить отношение полезной мощности генератора к массе подвижной части.

Разработана программа, позволяющая моделировать на конечно-элементной модели рабочий процесс генератора при заданном законе изменения линейной скорости подвижной части. Приведены примеры расчетов и результаты численных экспериментов.

И.А. Пайков, асп.; рук. А.И. Тихонов, д.т.н., проф. (ИГЭУ, г. Иваново)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В РАСЧЕТАХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Одним из требований, предъявляемых к современному проектированию, являются требования сокращения сроков проектирования при необходимости повышения адекватности и точности моделей. Для оптимизации проекта или для расчета устройства в динамических режимах работы необходимо использовать модели с высоким быстродействием. Поэтому актуальной является проблема разработки точных быстродействующих полевых моделей.

В настоящее время достаточно высокое быстродействие может быть достигнуто при расчете двухмерных моделей физических полей. Однако возникает сомнение в корректности расчета трансформатора в двухмерной постановке. Поэтому была поставлена задача анализа возможности использования двухмерных моделей для расчета магнитного поля распределительных трансформаторов. Для решения задачи использовалась система Maxwell. Расчет магнитного поля осуществлялся в режиме холостого хода при подаче напряжения на обмотку ВН.

Результаты расчета магнитного потока для 3D- и 2D-моделей представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчета потоков распределительного трансформатора ТМГ-1000-10/0,4

Поток	3D-модель	2D-модель	Расхождение, %
Общий, Вб	0,0473645	0,04843813	2,26
Верхнее ярмо, Вб	0,023343	0,024213292	3,33
Нижнее ярмо, Вб	0,0234935	0,024213235	3,06
Рассеяние, Вб	0,0004402	0,0000116	97

Для основного потока и потоков в ярах магнитопровода расхождение в расчетах не превысило 5 %, что говорит о высокой точности проведенного расчета и возможности использования двухмерной постановки задачи для определения магнитного потока в магнитопроводе.

При определении потока рассеяния расхождение приближается к 100 %. В данной ситуации трудно сказать, правильно ли рассчитывается поток рассеяния в 3D-модели, так как его значения в 1000 раз меньше значений основного потока. Определение такой малой величины не совсем корректно при данной постановке задачи как для трехмерной модели, так и для двухмерной. В настоящее время ведутся работы по разработке уточненных алгоритмов расчета потока рассеяния обмоток трансформатора.

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

ОБОТКА КОНУСНАЯ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Существующие конструкции обмоток силовых высоковольтных трансформаторов мощностью выше 200 МВ·А для использования в жарких климатических условиях с температурой окружающей среды до 80 °С неработоспособны. Для производства конкурентоспособных высоковольтных трансформаторов нового поколения предлагается новая конструкция обмотки. При данной конструкции осуществляется равномерный теплоотвод с поверхности провода по всей его длине.

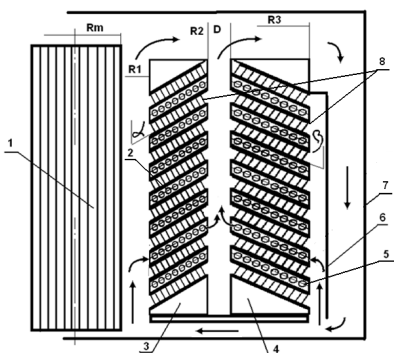


Рис. 1. Обмотка конусная

Наклонные тяговые участки с поперечным обтеканием пучков проводов обмоточного жгута при включении трансформатора прогреваются и сразу дают одновременно по всей высоте обмоток толчок (импульс давления) для начала циркуляции жидкого диэлектрика. Название данной конструкции – «Обмотка конусная» (рис. 1). С точки зрения магнитоэлектрической схемы расчета коническое расположение витков обмоток, в отличие от плоских витков, уменьшает разницу между меньшим и большим диаметрами обмотки, что в свою очередь уменьшает разницу наведенных напряжений на соединенных параллельно проводах в жгуте. Для обмотки можно применять одножильный голый провод в составе жгутов без транспонирования, а также увеличить плотность тока в обмотках до 10 А/мм² и более.

Организация серийного производства трансформаторов с конусными обмотками позволит более свободно конкурировать на мировом рынке, а также в ближайшем будущем выполнить контракты по строительству АЭС в Египте, Иране, Вьетнаме, Турции и др. с использованием отечественных высоковольтных трансформаторов, надежно работающих в жарком климате.

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

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМИ УЗЛАМИ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТА НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO

Компьютеризация технологий управления различных областей человеческой деятельности — необходимость нашего времени. При проведении экспериментов она позволяет повысить скорость и точность воспроизведения процессов. Для связи ПК с драйвером двигателя была выбрана платформа Arduino на базе микроконтроллера Atmega семейства AVR с открытой архитектурой и программным кодом. Устройство программируется через USB без использования программаторов.

Микроконтроллер на плате программируется при помощи собственного языка Arduino, основанного на языках программирования C/C++.

Для демонстрации возможностей данной платы из драйверов для шаговых биполярных двигателей и комплектующих устаревшего компьютера (CD-ROM, FDD, ATX), было собрано устройство, позволяющее передвигать физический объект в трехмерном пространстве с заданной траекторией (рис. 1). Траекторию перемещения описывает программа, написанная на специально созданном для устройств с ЧПУ языке программирования — G-код.

Для передачи G-кода с ПК на платформу Arduino используются открытое ПО GrblController 3.0. и прошивка для микроконтроллера Grbl v0.9 с открытым кодом.

Пакет данных ПК передает по последовательному USB-порту на плату Arduino, которая обрабатывает их и передает на управление двигателями координатного стола параллельно. Поэтому перемещение рассматриваемого объекта к заданной программой траектории максимально точно в каждый момент времени.

Являясь одним из условий качественного проведения эксперимента, автоматизация экспериментальных исследований в итоге способствует развитию науки.

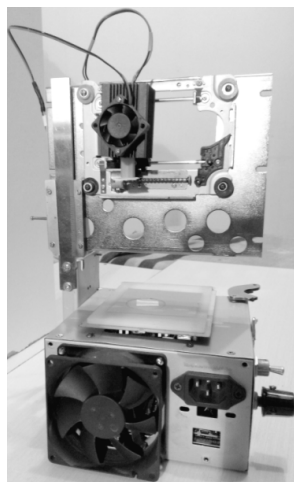


Рис. 1. Фото собранного устройства

Р.М. Рогозин, студ.; рук. А.Н. Лапин, к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ РАСЧЕТА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ТРАНСФОРМАТОРА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ В ДВУМЕРНОЙ ПОСТАНОВКЕ

В настоящее время для расчета магнитного поля в основном используют системы, основанные на методе конечных элементов. Такие системы в большинстве случаев являются довольно дорогими, что делает их приобретение для малого и среднего бизнеса довольно затруднительным. Поэтому встает вопрос о разработке САПР на базе открытых и дешевых программных средств (Excel, SciLab, SolidWorks, MatLab).

В данной работе за основу был взят САПР для расчета магнитного поля силового трансформатора методом конечных разностей, разработанный в ИГЭУ на кафедре «Электромеханики». Геометрические параметры и точки для формирования будущей сетки взяты из конечно-элементной модели и импортированы в MatLab, также из данной модели были взяты плотности токов в обмотках трансформатора и магнитные свойства стали для удобного сравнения результатов [1].

Результаты расчета выводятся на экран в виде распределения магнитной индукции вдоль расчетной области. В качестве примера был взят силовой трансформатор мощностью 1000 кВА. Результаты расчета методом конечных разностей (МКР) и методом конечных элементов (МКЭ) представлены на рис. 1.

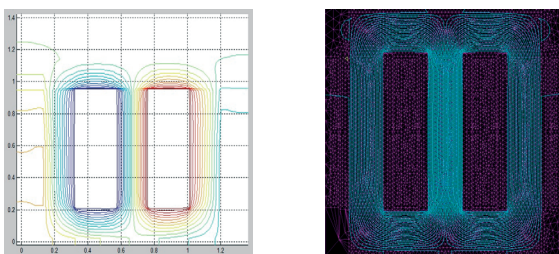


Рис. 1. Результаты расчета МКР и МКЭ

Как видно из рисунков, качественно результаты практически идентичны, но количественно имеются небольшие расхождения, поэтому система расчета методом конечных разностей нуждается в дальнейшей отладке.

Литература

1. **Лейтес Л. В.** Электромагнитные расчеты трансформаторов и реакторов. М.: Энергия, 1981.

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

РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ПОТОКА И ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ОБМОТКАХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ АЭС

Для оборудования АЭС предназначены особые требования к сохранению автономной работоспособности в аварийных ситуациях. Поэтому обоснованным является решение охлаждения обмоток высоковольтных трансформаторов за счет контура естественной циркуляции (КЕЦ) жидкого диэлектрика, выполняющего одновременно роль теплоносителя (ТН). Конструкции обмоток существующих трансформаторов не обладают достаточной эффективностью охлаждения обмоточного провода, в результате чего занижается плотность тока в нем, а в жарком климате без принудительного охлаждения трансформатор вообще неработоспособен. Для теплотехнического расчета взята конструкция обмотки, в которой созданы условия максимального теплоотвода с поверхности одножильного провода. Эффективным инструментом для анализа процессов гидродинамики и теплообмена в обмотке является вычислительная гидрогазодинамика или CFD-метод, основанный на численном решении уравнений Навье—Стокса.

В докладе представлены результаты применения CFD-метода для анализа полей скорости и распределения температуры ТН по КЕЦ, включающему первичную обмотку из четырех проводов круглого сечения и охлаждающее устройство на стенке корпуса трансформатора. Построена оптимальная сеточная модель КЕЦ размером около 30 миллионов контрольных объемов, заданы граничные условия и выполнены расчеты при температурах холодной стенки корпуса трансформатора (T_{cw}) от 20 до 100 °С. На рис. 1 при $T_{cw} = 80$ °С представлены распределение температуры и векторное поле скорости ТН по КЕЦ. Видно, что максимальная температура не превышает 100 °С, из чего следует, что разница температуры провода по высоте обмотки не превысит 20 °С. Такие методики будут использованы для создания высоковольтных высокотемпературных трансформаторов для АЭС, работающих в жарком климате.

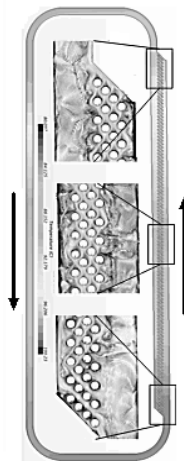


Рис. 1. Расчет при $T_{cw} = 80$ °С

А.О. Сидоров, асп.; рук. В.Я. Беспалов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ТРАНСФОРМАТОР С УЛУЧШЕННОЙ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ

Конструктивные решения обмоток силовых трансформаторов мощностью выше 600 кВА были разработаны более тридцати лет назад [1] и практически мало изменились. В настоящее время основное внимание уделяется снижению электрических потерь от вихревых токов. Совершенствование обмоток осуществляется благодаря применению новых проводов и изоляции и упрощению технологии сборки трансформатора. Широкое распространение получили провода фирм ASTA, INEX. Однако при стремлении к технологичности изготовления обмоток трансформатора и снижению потерь от вихревых токов не уделялось должного внимания их охлаждению. Особенно актуальны вопросы охлаждения трансформатора при высоких температурах окружающей среды, в том числе в условиях жаркого климата.

В работе описана особая конструкция обмотки высоковольтного трансформатора. Коническая форма каждого витка катушки и зазоры между проводниками в жгуте обеспечивают, с одной стороны, отсутствие механических напряжений в обмотках, обусловленные температурными удлинениями обмоточного провода, с другой стороны, высокую скорость обтекания каждого провода жидким диэлектриком под действием напора от естественной или принудительной циркуляции.

Результатами использования предложенной обмотки при производстве трансформаторов являются улучшенное охлаждение обмоток трансформатора, снижение рабочей температуры изоляции, увеличение габаритной мощности трансформатора, а также снижение его металлоемкости и стоимости.

Проведенные при выполнении работы тепловой, гидравлический и электромагнитный расчеты подтверждают описанные преимущества конусной обмотки трансформатора.

Описанные в работе новые конструктивные и технологические решения применены при производстве современного серийного масляного трансформатора марки ТДЦ-400000/500-У1 завода «Тольяттинский трансформатор».

Литература

1. **Тихомиров П.М.** Расчет трансформаторов. М.: Энергоатомиздат, 1986.

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

ИМПУЛЬСНЫЕ СИЛОВЫЕ НАГРУЗКИ НА ПРОВОДА КОНУСНОЙ ОБМОТКИ ПРИ КЗ

Учет режима короткого замыкания (КЗ) является одним из наиболее важных вопросов при проектировании трансформаторов. Возникающие в режиме КЗ электромагнитные силы могут привести к полному выходу из строя трансформатора. Существующие методики расчета трансформатора не учитывают пространственное распределение сил и возможные деформации проводов обмотки в режиме КЗ.

В работе на примере конусной обмотки для высоковольтного трансформатора мощностью 630 МВ·А и номинальным напряжением 500 кВ проводится анализ сил в режиме КЗ. На основе построенных эпюр выявляются наиболее напряженные и деформируемые зоны провода обмотки по дуге между прокладками, выполняющими роль глухой заделки обмоточного провода. Рассчитанные амплитуды деформаций позволяют выполнять оптимизацию обмоточных данных трансформатора, а именно диаметры одножильного обмоточного провода и изоляционных промежутков между витками с учетом плотностей тока в проводе обмотки (рис. 1). Для рассчитанной конусной обмотки высоковольтного высокотемпературного трансформатора предложен вариант крепления провода.

Результаты данной работы будут использованы для расчетной методики и выполнения испытаний макета обмотки конусной при создании высоковольтных высокотемпературных трансформаторов для АЭС, работающих в жарком климате.

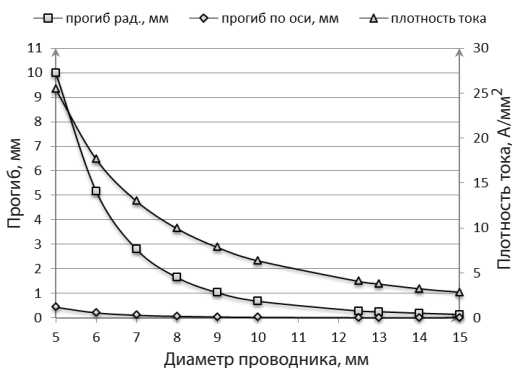


Рис. 1. Зависимости плотности тока, прогибов участков обмотки от диаметра проводника в обмотке НН

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

В данной работе приведены формулы и результаты расчета индуктивных сопротивлений и постоянных времени обмоток синхронного гидрогенератора мощностью 33 МВ·А с номинальным напряжением обмотки статора 11 кВ и частотой вращения 375 об/мин.

При резких изменениях режима работы синхронной машины (наброс и сброс нагрузки, замыкание и размыкание электрических цепей обмоток, короткие замыкания в этих цепях и т.д.) возникают разнообразные переходные процессы, которые нарушают работу энергосистемы в целом и могут вызвать серьезные аварии. Изучение переходных процессов синхронных машин имеет весьма большое практическое значение, так как позволяет правильно понимать эти процессы, предвидеть характер возможных аварий, принимать меры к предотвращению или ограничению действия аварий и быстрейшему устранению их последствий.

С помощью найденных параметров гидрогенератора [1] сделаны расчеты основных встречающихся на практике переходных процессов (изменение напряжения на обмотке возбуждения, внезапное симметричное короткое замыкание обмотки статора) в машине без демпферной обмотки (при разомкнутой обмотке статора и при короткозамкнутой обмотке статора) и в машине с демпферной обмоткой (при разомкнутой обмотке статора и при короткозамкнутой обмотке статора) [2, 3]. Для всех случаев построены графики.

Литература

1. **Абрамов А.И., Иванов-Смоленский А.В.** Проектирование гидрогенераторов и синхронных компенсаторов. М.: Высшая школа, 2001.
2. **Иванов-Смоленский А.В.** Электрические машины. М.: Энергия, 1980.
3. **Вольдек А.И.** Электрические машины. Л.: Энергия, 1974.

*М.Г. Фахардо Перес, студ.; рук. Н.И. Сентюрихин, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

СИНХРОННЫЙ ГЕНЕРАТОР ДЛЯ АВТОНОМНОЙ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

В настоящее время многие населенные пункты, не подключенные к энергосистемам, получают электроэнергию от дизельных электростанций, сюда же относятся стационарные и временные объекты небольшой мощности. Проблемы электроснабжения автономных объектов обостряются высокой стоимостью дизельного топлива, а также трудностями и дороговизной его доставки. Везде, где есть ветер, рекомендуется к существующим дизельным электростанциям подключать ВЭУ. В зависимости от среднегодовой скорости ветра и графика нагрузки параллельная работа ВЭУ и дизельной электростанции может сэкономить до 50 % годового потребления топлива.

Вклад ветроустановки в защиту окружающей среды зависит от величины энергии, вырабатываемой ею в течение года. Так, ВЭУ мощностью 1 МВт производит в год в среднем 2,6 млн кВт·ч. Это означает предотвращение выбросов по сравнению с тепловой станцией на угле: двуокиси серы — 3,6 т, окислов азота — 10 т, углекислого газа — 2970 т, твердых частиц — 0,86 т. Такое количество углекислого газа поглощает лес на площади 2,5 км², так что работающая ветроустановка как бы непрерывно расширяет лесной массив.

Применение в автономной ВЭУ магнитоэлектрического синхронного генератора (СГ) в настоящее время представляет собой наиболее совершенное решение. Ротор данных генераторов прост по конструкции и бесконтактен. Отсутствие контактно-щеточных и других малонадежных узлов обеспечивает высокую надежность машины. Использование постоянных магнитов из современных редкоземельных материалов обуславливает безотказное возбуждение генератора, отсутствие потерь на возбуждение и, следовательно, высокий КПД. Это позволяет повысить электромагнитные нагрузки и улучшить массогабаритные показатели СГ [1].

Литература

1. **Безруких П.П., Безруких П.П. (мл), Грибков С.В.** Ветроэнергетика: справочно-методическое издание. М.: Теплоэнергетик, 2014.

Н.Н. Федорцов, студ.; рук. А.С. Иванов, к.т.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ КЛАССА FORMULA STUDENT

Институты по всему миру принимают активное участие в соревнованиях серии Formula Student. Суть заключается в том, что студенческие коллективы должны спроектировать и изготовить небольшой гоночный автомобиль, а потом принять с ним участие в соревнованиях.

Отдельным классом серии Formula Student является Formula Electric, где соревнования проводятся среди электромобилей. Пиковая мощность электродвигателя ограничивается 85 кВт, а максимальное напряжение аккумуляторной батареи — 600 В. В настоящее время рекорды разгона от 0 до 100 км/ч принадлежат именно таким электрокарам, спроектированным и собранным командами высших учебных заведений. В России этот вид спорта только встает на ноги, пока существует всего одна команда с готовым электромобилем — команда МАМИ.

В данной работе проводится обзор существующих систем электромобилей Formula Student, особое внимание уделяется выбору силового агрегата — электродвигателя, дается описание электродвигателей, применяемых различными командами. На основании обзора даются рекомендации по выбору приводного электродвигателя и аккумуляторной батареи для конкретных условий, возможностям их размещения в корпусе электромобиля.

*Р.Я. Храмшин, А.Р. Мугалимова, студенты; С.В. Кретов, асп.;
рук. Р.Г. Мугалимов, д.т.н., проф. (МГТУ им. Г.И. Носова,
г. Магнитогорск)*

МЕТОДИКА ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Для экспресс-энергоаудита асинхронных электроприводов необходимы соответствующие методики, алгоритмы и технические средства, позволяющие оценивать энергетические показатели электротехнического комплекса. Анализ научно-технической литературы показал, что известные методики расчета параметров электрической схемы замещения асинхронного двигателя, такие как расчет параметров по каталожным и справочным данным имеют главные недостатки: невысокую точность, невозможность использования для экспресс-энергоаудита. Определение параметров схемы замещения с применением нагрузочных агрегатов — трудоемкий, аппаратно-затратный процесс, и также неприменимый для экспресс-энергоаудита.

Предлагается методика экспресс-оценки параметров электрической схемы замещения асинхронного двигателя, предусматривающая испытание асинхронного двигателя без нагрузки в динамических режимах с осциллографированием электрических параметров (фазных напряжений, токов) и частоты вращения ротора. В частности, регистрируются режимы: пуск, разгон, работа двигателя на реальном холостом ходе, работа двигателя на идеальном холостом ходе, торможение свободного выбега. В реальном времени аналоговые зарегистрированные сигналы оцифровываются и создается соответствующая база данных. С использованием разработанного программного комплекса анализируются электрические и электромеханические параметры участков движения электропривода, находящихся в базе данных. По разработанным алгоритмам с применением известных энергетических соотношений определяются: механические, магнитные потери мощности, активные, реактивные и полные мощности для каждого зарегистрированного режима работы двигателя. Используя полученные результаты, рассчитываются параметры Т- или Г-образной схемы замещения асинхронного двигателя. Расчет электрической схемы замещения позволяет оценивать рабочие и механические характеристики двигателя.

Разработанные методика и аппаратно-программный комплекс позволяют оценить энергоэффективность двигателя с точностью, не уступающей методу с использованием нагрузочного агрегата.

А.А. Царева, студ.; В.П. Шишкин, к.т.н., проф. (ИГЭУ, г. Иваново)

ВОПРОСЫ РАСЧЕТА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЭКРАНИРОВАННЫМИ ПОЛЮСАМИ

В настоящее время электрические машины малой мощности активно используются в различных областях промышленности. Маломощные электрические машины применяются в системах автоматики, транспортных средствах, гироскопических приборах, радиосвязи, дистанционном управлении, выполняют различные функции в промышленности, сельском хозяйстве, а также в бытовых приборах [1].

В данной работе рассматриваются проблемы расчета асинхронного двигателя с экранированными полюсами (АДЭП) и способы их решения. Большое распространение АДЭП во многих сферах деятельности приводит к необходимости усовершенствования конструкции двигателя и оптимизации его показателей.

Описание процессов в АДЭП и расчет его показателей и характеристик усложняется из-за наличия сильно выраженных пространственных гармоник магнитного поля, четырех групп потоков рассеяния статора и короткозамкнутого витка, ось которого образует угол β с осью остальной части полюса, меньший 90° [2].

Для анализа процессов в АДЭП может использоваться программное обеспечение Ansys Maxwell. Этот пакет позволяет проводить расчеты характеристик двигателя, а также построить картину поля. По существующей методике проектирования [3] был рассчитан АДЭП со следующими данными: номинальная мощность 90 Вт, номинальное напряжение 220 В, синхронная частота вращения 1500 об/мин. В ходе моделирования работы двигателя в данном программном обеспечении была доказана необходимость доработки методики расчета. В результате проделанной работы выявлена возможность улучшения энергетических показателей АДЭП путем изменения конструкции, а также даны рекомендации по уменьшению затрат на производство двигателя.

Литература

1. **Лифанов В.А.** Электрические машины систем автоматики и бытовой техники: учебное пособие. Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2006. 237 с.
2. **Ланген А.М.** К расчету электродвигателей с короткозамкнутым витком на полюсе // Вестник электропромышленности. 1956. № 9. С. 31—38.
3. **Ермолин Н.П.** Электрические машины малой мощности. — 2-е изд. М.: Высш. школа, 1967. 504 с.

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.С. Артёмов, студ.; рук-ли А.Г. Корякин, асс.;

Ю.Т. Ларин, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА СИЛОВЫХ, ОПТИЧЕСКИХ И КОМБИНИРОВАННЫХ КАБЕЛЕЙ ДЛЯ НЕФТЕДОБЫЧИ С ПОВЫШЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ К ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВУЮЩИМ ФАКТОРАМ

В работе рассмотрены вопросы влияния эксплуатационной газовой агрессии на элементы конструкций силовых и комбинированных электрооптических погружных кабелей, применяемых для геофизических и вспомогательных работ в нефтегазовых скважинах и электропитания погружных силовых устройств. Приводятся функциональные возможности силовых и комбинированных электрооптических кабелей в области непрерывного мониторинга температуры внутри скважины, давления, деформации ствола при сейсмических подвижках почвы.

Рассматриваемые кабели позволяют использовать оптические волокна как линейный датчик и проводить измерения температуры по всей длине кабеля как непрерывную функцию по длине и во времени. Главным для них является влияние эксплуатационной среды, а именно жидкостей и газовых смесей на параметры кабелей.

В работе получены зависимости среднего времени эксплуатации силовых электрических кабелей с резиновой изоляцией до полного списания от частоты спуско-подъемов на 100 суток работы и времени эксплуатации от газовых факторов при среднем давлении около 17 МПа.

Изоляционные и защитные оболочки геофизических бронированных кабелей, применяемых для электропитания погружных нефтенасосов, в отличие от небронированных кабелей, в том числе в ленточной стальной броне не разрываются из-за сравнительно небольшого времени непрерыв-

ного пребывания кабелей в скважинах и высокой механической прочности и упругости их стальной двухслойной брони из высокопрочных стальных проволок.

Однако насыщение оболочек этих кабелей газом приводит к увеличению их объема и создает дополнительную осевую нагрузку на кабель. При подъеме кабеля, бывшего в газированной жидкости (нефть, буровой раствор) или газовой среде под большим давлением, выделяется газ, создавая своеобразный шум (шипение, потрескивание). Поскольку при больших давлениях в скважине часть газа, проникшего под защитную оболочку, находится в сжиженном виде, после подъема из скважины внутри кабеля длительное время может поддерживаться давление, равное давлению испарения сжиженного газа.

А.С. Захаренкова, студ.; рук. В.М. Леонов, доц. (НИУ «МЭИ»)

НАЧАЛЬНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ Nb₃Sn ПРОВОДОВ КАК ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА ОБРАЗОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ВО ВРЕМЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАГРУЗКИ

В настоящее время сверхпроводящие проволоки применяются для изготовления токонесущих элементов, проводников типа «кабель в оболочке», для магнитной системы ИТЭР. Заключительным приемочным испытанием всех проводников является испытание под полной токовой нагрузкой во внешнем магнитном поле. Ранее было обнаружено, что во время испытаний из-за воздействия силы Лоренца, приводящей в движение отдельные провода, в них образуются дефекты, которые могут приводить к снижению важного параметра проводника — температуры перераспределения токов (T_{CS}) [1]. В работе [2] показано, что в проводах, отобранных из проводника, удельное количество дефектов различно, что можно связать с разной величиной начальной деформации проводов, возникающей за счет скрутки кабеля.

Для изучения влияния начальной деформации проводов на величину удельного количества дефектов были отобраны образцы провода из проводника Nb₃Sn, прошедшего испытания. Для дальнейшего изучения отобранных образцов применялся метод заливки их эпоксидной смолой с последующим шлифованием и полированием. По изображениям поверхности продольного сечения проводов, полученным с помощью микроскопа, определялись начальная деформация провода и удельное количество дефектов. В результате проделанной работы получена зависимость удельного числа дефектов от величины начальной деформации провода и показано, что удельное количество дефектов на единицу провода увеличивается с ростом величины начальной деформации провода.

Литература

1. **Каверин Д.С.** Типы дефектов в сверхпроводящих волокнах Nb₃Sn проволоки, возникающих под действием силы Лоренца во время испытаний проводников для ИТЭР: Сборник тезисов МКЭЭЭ, 2014.
2. **Analysis of Nb₃Sn strand microstructure after full-size «SULTAN» test of ITER TF conductor sample / D. Kaverin, L. Potanina, K. Shutov et al. // Physics Procedia. 2015. Vol. 67. P. 914—919.**

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

СТОЙКОСТЬ ВНУТРИОБЪЕКТОВОГО ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ К МЕХАНИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

В данной работе представлены результаты исследования по стойкости к механическим воздействиям специального оптического кабеля марки ОВНПЛС-НФ-1А-0,4, предназначенного для систем широкополосного доступа [1, 2]. Этот кабель содержит одно оптическое волокно (ОВ). Проверка стойкости к механическим воздействиям включала испытания на растяжение и сжатие. Согласно технической документации кабель должен быть стойким к растягивающему усилию не менее 0,4 кН и раздавливающему усилию не менее 0,25 кН/см.

Испытания проводились на установке для растяжения и раздавливания кабелей типа РРК-ЕК2. До начала и в процессе испытаний контролировались затухания в ОВ на участке кабеля, подвергнутого тому или иному воздействию с помощью рефлектометра. В ходе исследования получены зависимости величины затухания от уровня механической нагрузки.

Результаты механических испытаний показали при испытании на растяжение предельно-допустимое значение затухания сигнала в ОВ, равное 0,22 дБ/км, возникает при увеличении нагрузки более 0,5 кН, при сжатии — при увеличении нагрузки сжатия, рассчитанной на 1 см длины кабеля более 700 Н/см.

Проведенные испытания подтвердили заданную стойкость исследованного кабеля к механическим воздействиям.

Литература

1. **Боев М.А., Зин Мин Латт.** Кабель для широкополосного доступа // Труды 5-й Междунар. конф. «Электромеханика, электротехнологии, электротехнические материалы и компоненты», 21—27 сентября 2014 г. Крым, Алушта. С. 70—71.
2. **Боев М.А., Зин Мин Латт.** Температурная зависимость передаточных характеристик оптического кабеля, предназначенного для ШПД // 21-я Международная научно-техническая конференция «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика», 26—27 февраля 2015 г. М.: Издательский дом МЭИ, 2015. Т. 2. С. 133.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ЗЕМЛЕ В ТРОПИЧЕСКОМ КЛИМАТЕ

Кабели, предназначенные для эксплуатации непосредственно в земле, должны иметь достаточно надежную защиту от внешних механических воздействий. На рис.1 представлена конструкция такого кабеля с центральным оптическим модулем [1].

Оптические волокна, находящиеся в центре кабеля, защищены силовым элементом конструкции — броней, выполненной из стальной оцинкованной проволоки. Поверх брони конструкция кабеля предусматривает наружную оболочку из полиэтилена.

В данной работе исследован оптический кабель марки ОГЦ-48А-7, изготавливаемый по ТУ 3587-001-58743450—2005 и предназначенный для прокладки в земле. Кабель содержит 48 оптических волокон и должен выдерживать температуру окружающей среды от -40 до ± 50 °С, статическое растягивающее усилие до 7 кН и раздавливание с усилием не менее 0,4 кН/см.

Проведенные испытания показали, что рассматриваемый кабель выдерживает регламентированные тепловые и механические нагрузки. При этом затухание сигнала в оптическом волокне находится в пределах установленных требований. Превышение тепловых и механических нагрузок за установленные пределы приводит к росту затухания. Получены графики зависимостей затухания сигнала в оптическом волокне от тепловых и механических нагрузок.

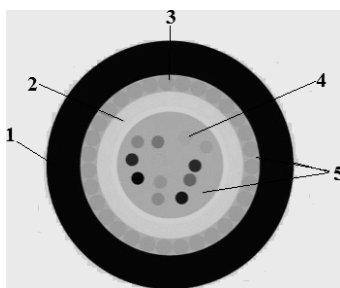


Рис. 1. Конструкция кабеля марки ОГЦ:

1 — наружная оболочка; 2 — оптический модуль; 3 — бронепокров из стальной проволоки; 4 — оптические волокна; 5 — гидрофобный наполнитель

Литература

1. **Лвин Наннг Чжо.** Моделирование процесса старения электрических кабелей в районах с тропического климата: Дис. ... магистра. М.: МЭИ, 2007. 61 с.

Т.Р. Косьминов, А.В. Матасов, Е.Г. Огнев, студенты;
рук. Ю.В. Зайцев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ДАТЧИК НА ОСНОВЕ МДМ-СТРУКТУРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ВОДЫ

Задача фиксирования и контроля уровня воды возникает в системе водного транспорта, при эксплуатации подземных сооружений различного функционального назначения, эксплуатации складских помещений [1, 2].

Конструкция и функциональная характеристика датчика с чувствительными элементами, выполненными на основе фольгированного стеклотекстолита, представлены на рис. 1.

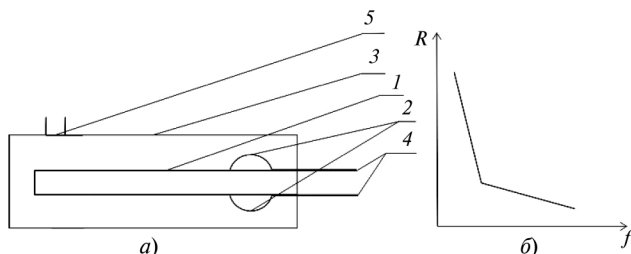


Рис. 1. Конструкция (а) и функциональная характеристика (б) датчика для контроля уровня воды:

1 — диэлектрическая подложка; 2 — фольга; 3 — пластмассовый корпус датчика; 4 — выводы; 5 — отверстия в корпусе для ввода (вывода) воды

Чувствительный элемент датчика имеет МДМ-структуру и выполнен из фольгированного стеклотекстолита.

При возникновении потока воды, попадающего на датчик, происходит замыкание контактов и при включении датчика в систему сигнализации загорается лампочка, сигнализирующая о наличии воды в контролируемом объекте.

Литература

1. Котюк А.Ф. Датчики в современных измерениях: Справочное издание. М.: Радио и связь; Горячая линия — Телеком, 2006. 96 с.
2. Датчики измерительных систем / Ж. Аш и др.; пер. с франц. под ред. А.С. Обухова. Кн. 1. М.: Мир, 1992. 480 с.

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

ИСПЫТАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ НА СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ ПРИ ПРОКЛАДКЕ В СЕЙСМОАКТИВНЫХ РЕГИОНАХ

На протяжении последнего десятилетия вопросам сейсмической опасности стали уделять повышенное внимание при конструировании электроизоляционных и кабельных изделий. Особо пристальное внимание сейсмостойкости изделий уделяется в атомной и гидроэнергетике. Авария на Фукусима-1 заставила ужесточить требования к сейсмостойкости кабелей с учетом того, что большое количество атомных станций находится в зонах, где возможны землетрясения.

Оптические кабели (ОК) в основном прокладывают в коробах и трубах.

В соответствии со стандартами подтверждение на сейсмостойкость (устойчивость и/или прочность) осуществляют испытанием на воздействие синусоидальной вибрации в течение 1 мин. Сейчас апробирована методика МИ 16.00-186-2012 (Испытания оптических кабелей на сейсмостойкость), в которой приводятся методы испытаний оптических кабелей на сейсмостойкость.

В работе рассматриваются методики испытаний оптических кабелей на сейсмостойкость, приводятся результаты испытаний ОК основных типов, применяемых на АЭС для подземной, стационарной и внутри объектовой прокладки. Приводятся статистические данные по отказам кабельных изделий после воздействия сейсмических и вибрационных воздействий.

Для испытаний на сейсмостойкость использовался вибростенд с расширительным столом, дающий возможность задавать частоту и амплитуду ускорения колебаний. Для всех типов испытаний использовался диапазон частот от 3 до 100 Гц, амплитуды перемещений колебались от 6,25 до 4 м/с².

Для измерения коэффициента затухания применялся прибор ИД-2-3. У большинства образцов после испытаний приращение коэффициента затухания образцов ОК не превышало 1 %.

Полученные в работе результаты доказывают необходимость проведения испытаний ОК на сейсмостойкость для кабельных изделий, применяемых в сейсмоактивных зонах РФ.

В.Ю. Коротков, асп.; рук. М.А. Боев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛОПРУТКА УФ ОТВЕРЖДЕНИЕМ

В качестве грузонесущего элемента в электротехнических изделиях широкое применение находит стеклопруток, потребность в котором постоянно увеличивается. В связи с этим возникает необходимость совершенствования технологии производства стеклопрутка, направленная на увеличение производительности процесса. В последние годы появилась технология УФ отверждения связующего, которая позволила увеличить скорость производства стеклопрутка примерно в 10 раз по сравнению с традиционными технологиями [1, 2].

Технология УФ отверждения постоянно совершенствуется в направлении увеличения скорости технологического процесса и качества готового продукта.

В данной работе рассмотрена задача подбора максимальной скорости производства стеклопрутка по критерию соответствия механической прочности установленным техническим требованиям.

При изготовлении прутка варьировалась скорость прохождения заготовки через УФ печи. После завершения технологического процесса осуществлялся контроль предела прочности на растяжение и модуля упругости.

При скорости прохождения 100 м/мин заготовки под прутком диаметром 1,8 мм на готовом продукте был получен предел прочности 1464 МПа и модуль упругости 51 368 МПа. При скорости прохождения 110 м/мин такой же заготовки на готовом продукте получен предел прочности 1181 МПа и модуль упругости 30 675 МПа. В соответствии с установленными техническими требованиями предел прочности должен быть не менее 1400 МПа, а модуль упругости — не менее 50 000 МПа. Таким образом, увеличение скорости свыше 100 м/мин недопустимо, так как готовый продукт не соответствует установленным техническим требованиям.

Литература

1. **Коротков В.Ю., Боев М.А.** Исследование свойств стеклопрутка на основе смол ультрафиолетового отверждения // Тр. XX Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. М.: МЭИ, 2014. Т.2.
2. **Коротков В.Ю., Боев М.А.** Сравнение механических характеристик стеклопрутков различных изготовителей // Тр. XXI Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. М.: МЭИ, 2015. Т.2.

Т.Р. Косьминов, А.В. Матасов, студенты;
рук. Е.Ф. Кустов, д.ф.-м.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ЗОННАЯ СТРУКТУРА МНОГОСЛОЙНЫХ НАНОТРУБОК

В настоящее время нанотрубки (НТ) получили широкий спектр применений от чувствительных элементов туннельных микроскопов до транзисторов размером менее 100 нм. Для практических применений НТ важно знать зонную структуру (ЗС) этих трубок. Эта задача рассматривалась в нашей предыдущей работе [1].

Используя теорию групп симметрии [2], были выведены расчетные формулы (1) и (2), для трубок $(n, 0)$ и (n, n) соответственно, позволяющие рассчитывать ЗС НТ, и проведена идентификация энергетических состояний:

$$E(y, n, m) = \pm \sqrt{1 + 4 \cos\left(\frac{\pi m}{n}\right)^2 \pm 2\sqrt{2} \sqrt{\cos\left(\frac{\pi m}{n}\right)^2 (\cos(y) + 1)}}; \quad (1)$$

$$E(y, n, m) = \pm \sqrt{1 + 4 \cos\left(\frac{y}{2}\right)^2 \pm 2\sqrt{2} \sqrt{\cos\left(\frac{y}{2}\right)^2 \left(\cos\left(\frac{2\pi m}{n}\right) + 1\right)}}; \quad (2)$$

где y — квазиимпульс; n — индекс хиральности, а $m = 0 \dots n - 1$.

Используя соотношения между индексами хиральности внешней и внутренней нанотрубки, была обнаружена закономерность, показывающая, что индексы хиральности нанотрубок $(n, 0)$ отличаются на 9, а для нанотрубок (n, n) на 5. Кроме этого, исходя из полученных данных можно сделать вывод, что все нанотрубки типа (n, n) проявляют металлические свойства, а у нанотрубок типа $(n, 0)$ металлические свойства проявляются лишь у тех трубок, у которых n кратно трем.

Литература

1. Матасов А.В. Зонная структура многослойных нанотрубок // XV Всероссийская молодежная конференция с элементами научной школы «Функциональные материалы: синтез, свойства, применение»: Сб. тезисов. СПб.: Изд-во «ЛЕМА», 2014. 284 с.
2. Кустов Е.Ф. Основы физики твердого тела: учебное пособие М.: Издательство МЭИ, 2002. 110 с.

Маунг Эй, асп.; рук. М.А. Боев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ САМОНЕСУЩИХ КАБЕЛЕЙ

В данной работе объектом исследования выбраны самонесущие оптические кабели ОПЦ-4А-4, ОСД-4х4А-8 и ОПД-8х4А-12. Согласно нормативной документации на изготовление этих кабелей установлен срок службы кабелей 25 лет. Для оценки долговечности проведены натурные испытания кабелей, в процессе которых контролировалась стрела провиса. Получены уравнения, позволяющие рассчитывать изменение стрелы провиса в течение срока службы кабелей [1].

Расчетное уравнение для определения зависимости стрелы провиса от времени имеет вид

$$\Delta l(\tau) = a \ln(\tau) + b, \quad (1)$$

где $\Delta l(\tau)$ — стрела провиса, м; τ — время, месяцев; a, b — коэффициенты, вычисляемые из эксперимента.

В табл. 1 приведены результаты расчета стрелы провиса рассматриваемых кабелей к концу срока службы, которые показывают, что максимальной стабильностью контролируемого параметра обладают кабели марки ОПЦ-4А-4.

Таблица 1

Марка кабеля	Уравнение	Начальная стрела провиса, м (%)	Стрела провиса через 25 лет, м (%)
ОПЦ-4А-4	$0,03 \ln(\tau) + 1,04$	1,2 (1)	1,211 (1,009)
ОСД-4х4А-8	$0,09 \ln(\tau) + 1,22$	1,2 (1)	1,733 (1,444)
ОПД-8х4А-12	$0,04 \ln(\tau) + 0,53$	0,5 (1)	0,758 (1,516)

Литература

1. Боев М.А., Маунг Эй. Кратковременная механическая прочность подвесных оптических кабелей // Кабели и провода. 2015. № 4(353). С. 8—12.

Н.Е. Молчанов, асп.; рук. И.Б. Рязанов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ВЛИЯНИЕ ГЕРМЕТИЗИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДОВЫХ КАБЕЛЕЙ

В связи с ростом темпов развития отечественного судостроения возникает необходимость разработки кабельной продукции, которая отвечала бы всему комплексу современных требований к кабелям, применяемым в судовых кабельных системах, включая пожаробезопасность, стойкость к горюче-смазочным материалам, химическая стойкость, стойкость к перепадам температур, герметичность в радиальном и продольном направлениях.

Для того чтобы кабель мог работать в таких жестких условиях необходимы разработка специальных конструкций и применение новых материалов, добавление в конструкции кабелей элементов, свойства и совместимость которых друг с другом на данный момент неизвестны или недостаточно изучены. Так, не изучено влияние герметиков и водоблокирующих элементов (нитей и лент) на качество передаваемого сигнала, хотя данное исследование позволило бы оптимизировать технологию производства герметизированных судовых кабелей, отвечающих современным требованиям судостроения.

В настоящее время активно разрабатываются конструкции герметизированных кабелей связи (главным образом кабелей для цифровых систем передачи 5 и 5е категорий), аналогичные негерметизированным. Однако пока конструкции с герметизирующими элементами отстают по параметрам от классических конструкций. Решить данную проблему возможно путем подбора оптимального взаимного расположения конструктивных элементов и применения таких герметизирующих составов (с определенной диэлектрической проницаемостью и тангенсом угла диэлектрических потерь), которые не влияли бы в значительной степени на передачу сигналов по кабелю.

В работе исследуется влияние водоблокирующих нитей и кабельных герметиков на электрические параметры кабеля (коэффициент затухания, волновое сопротивление, взаимные влияния пар). Проведено сравнение конструкций кабелей, в том числе и LAN-кабелей 5, 5е, и 6 категории, с герметизирующими элементами и аналогичных кабелей без герметизирующих элементов. В заключение приводится анализ полученных результатов.

А.М. Синицин, асп.; рук. В.А. Уланов, д.ф.-м.н., проф. (КГЭУ, г. Казань)

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ КОЭФФИЦИЕНТА ЗЕЕБЕКА ДЛЯ КРИСТАЛЛА $Pb_{0.98}Gd_{0.02}Te$

На предприятиях энергетики до настоящего времени наблюдаются невосполнимые потери энергии в виде тепла, излучаемого поверхностями энергетических установок. Поскольку большая часть этого тепла излучается поверхностями, температура которых лишь незначительно отличается от температуры окружающего воздуха, до сих пор не существует эффективных устройств рекуперации рассеиваемой таким образом энергии. Однако в решении данной проблемы наметились пути, которые связаны с использованием термоэлектрических генераторов (ТЭГ), построенных на основе полупроводниковых материалов с улучшенными термоэлектрическими характеристиками [1]. Для температурного диапазона 0—200 °С наиболее подходящими материалами являются кристаллы соединений Bi_2Te_3 и $PbTe$. Они характеризуются достаточно высокими значениями термоэлектрической добротности, высокой подвижностью свободных носителей заряда и относительно малыми величинами коэффициента теплопроводности. Несмотря на то что некоторые дефекты кристаллической решетки ухудшают термоэлектрические свойства материалов, известны случаи, когда дефекты влияют на эти свойства иначе [2]. Поскольку для создания многоэлементных ТЭГ необходим материал, у которого тип проводимости можно менять путем введения примесей, то информация о влиянии определенных примесных дефектов на его термоэлектрические характеристики является принципиально важной.

В данной работе было проведено исследование температурной зависимости коэффициента Зеебека (α) для перспективного термоэлектрического материала $Pb_{0.98}Gd_{0.98}Te$, содержащего примесь ионов трехвалентного гадолиния. Для выполнения исследования методом Бриджмена был выращен кристалл $Pb_{0.98}Gd_{0.98}Te$, создана лабораторная установка и разработана методика выполнения измерений. Разность температур горячего и холодного концов исследуемого кристалла (ΔT) менялась от 25 до 200 °С (при температуре холодного конца 0 °С). Особенности полученной зависимости $\alpha = f(\Delta T)$ обсуждаются с учетом данных изучения образца $Pb_{0.98}Gd_{0.98}Te$ методом ЭПР.

Литература

1. **Ismail B.I., Ahmed W.H.** // Recent Patents on Electrical Engineering. 2009. Vol. 35. P. 27—39.

2. **Анатычук Л.И.** Термоэлектрические преобразователи энергии. Т.2. Черновцы: Институт термоэлектричества, 2003. 376 с.

Д.В. Суворов, А.Г. Чупрунов, студенты;
рук. А.И. Тихонов, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИНТЕРАКТИВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ПО ФИЗИКЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

На кафедре ФТЭМК НИУ «МЭИ» разработана платформа для оперативной публикации интерактивных расчетных приложений — апплетов [1], позволяющая в наглядной форме проводить вычислительные эксперименты. В 2015 г. авторами был разработан набор апплетов, представляющих собой интерактивные виртуальные лабораторные работы для изучения концентрационных и температурных зависимостей концентраций и подвижностей носителей заряда, их проводимости для следующих полупроводниковых материалов: Si, Ge, GaAs, GaN, 4H-SiC, 6H-SiC. В частности, на рис. 1 приведены температурные зависимости проводимости GaN для различных концентраций легирующих примесей.

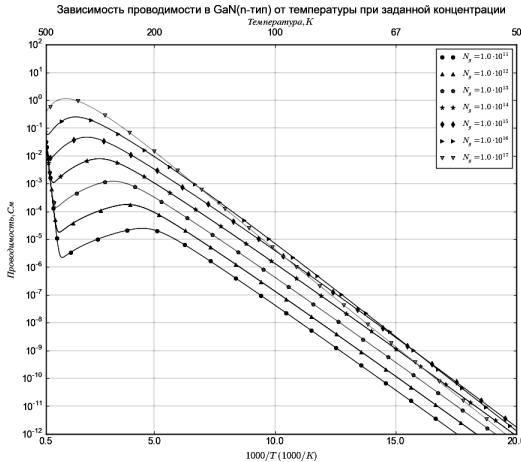


Рис. 1. Температурные зависимости проводимости GaN для различных концентраций легирующих примесей

Кроме того, разработаны апплеты для расчета температурного коэффициента сопротивления (ТКС), ширины запрещенной зоны для 22 полупроводниковых материалов, концентрационной зависимости ЭДС Холла от концентрации носителей заряда, тока, магнитного поля.

Литература

1. Сутченков А.А., Тихонов А.И. Апплеты — платформа оперативной разработки и публикации расчетных приложений и электронных образовательных ресурсов // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования» — ИНФОРИНО-2014. М.: Издательство МЭИ, 2014. С. 473—476.

Е.А. Тарасов, студ.; рук. Ю.В. Зайцев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В КОЛЛЕКТОРАХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

В последние годы прокладка силовых линий электропередач проводится в подземных коллекторах.

Для надежного функционирования кабельных линий необходимо контролировать уровень воды в подземном коллекторе и иметь систему насосов, позволяющих проводить откачку воды из коллектора при возникновении аварийной ситуации [1, 2].

Разработано устройство контроля и регулирования уровня воды в коллекторе. Схема устройства приведена на рис. 1.

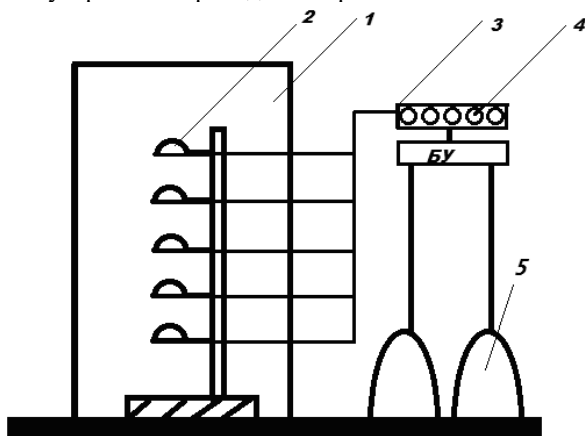


Рис. 1. Схема устройства:

1 — корпус; 2 — датчики воды; 3 — блок сигнализации; 4 — лампы сигнализации; 5 — насосы; БУ — блок управления

Литература

1. Виглеб Г. Датчики. Устройство и применение. М.: Мир, 1989.
2. Котюк А. Ф. Датчики в современных измерениях. М.: Радио и связь, 2006.

А.А. Филиппов, студ.; рук-ли В.М. Леонов, доц. (НИУ «МЭИ»);
Д.С. Каверин, м.н.с. (ВНИИКП, г. Подольск)

РАСЧЕТ ШАГА СКРУТКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ КАБЕЛЕЙ ДЛЯ ИТЭР

Шаг скрутки кабелей для магнитной системы термоядерного реактора ИТЭР строго контролируется при изготовлении. Это связано не только с конструктивными параметрами кабеля, но и с тем, что при несоблюдении требований к шагу скрутки, а именно превышение максимально допустимого значения, в магнитной системе возникнут дополнительные потери, которые приведут к расходу дорогого хладагента.

Для изготовления проводников заранее изготовленный сверхпроводящий кабель затягивается в оболочку с приложением затягивающего усилия к одному из концов кабеля. При этом этот конец кабеля начинает вращаться в сторону, противоположную направлению скрутки кабеля, что приводит к его раскручиванию и увеличению шага скрутки.

В настоящей работе на основании ранее разработанной модели [1, 2] проведен расчет увеличения шага скрутки кабеля в результате затягивания по данным, полученным для всех изготовителей кабелей. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Опытные и расчетные значения параметров кабеля

Параметр	Китай	Япония	РФ	США
$h_{\text{опыт}}$ (700 м), мм	430,00	480,00	488,75	520,00
$h_{\text{расч}}$ (700 м), мм	438,92	469,42	486,86	534,48
$\Theta_{\text{опыт}}$, пов.	20	50	73	90
$\Theta_{\text{расч}}$, пов.	17	58	79	82

На основании расчетных и технологических данных разработанная модель была уточнена и дополнена в части влияния технологии и методов изготовления кабелей на их механические характеристики.

Литература

1. **VNIKP** RF TF Cable Untwisting and Elongation Under Tensile Force / D.S. Kaverin, V.V. Zubko, K.A. Shutov et al. // IEEE Trans. Appl. Supercond. June 2014. Vol. 24. No. 3. Art. No. 4801104.

2. **Qin Jिंगgang**. Cable Rotation and Twist Pitch Variation for ITER TF Conductor in China // Contributed Manuscript - 5. Aug. 2014.

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ КОНЦЕНТРАЦИИ ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ

На рис. 1 представлен спектр термолюминесценции образцов номинально чистого оксида алюминия, выращенного методом горизонтальной направленной кристаллизации в вакууме. Нагрев проводился со скоростью $\beta = 2$ К/с.

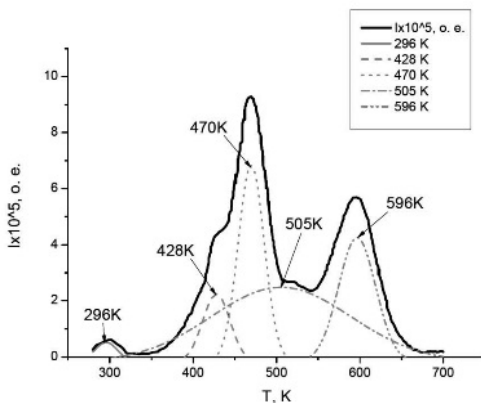


Рис. 1. Спектр термолюминесценции образца анион-дефектного оксида алюминия с предложенным вариантом разложения на гауссианы

Расчет проводился по методике, основанной на определении температурного положения максимума пика термолюминесценции и определении температурной полуширины пика. Обоснование и подробное описание методики предложено в работе [1]. Оценка концентрации дефектов для пика термолюминесценции при 296 К имеет следующий вид:

$$N_{I_{296\text{K}}} = \frac{S_{296\text{K}}}{\beta q} = 6,2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3},$$

где β — скорость нагрева образца; $S_{296\text{K}}$ — площадь под гауссовой кривой пика; q — заряд электрона.

Пользуясь моделью интерактивной системы ловушек [2], можно сделать вывод, что за данный пик ответственны центры типа F^+ .

Литература

1. Азаматов З. Т. Дефекты в материалах квантовой электроники. Ташкент: Фан, 1991. С. 215.
2. Кортвов В.С. Механизм люминесценции F-центров в анион-дефектных монокристаллах оксида алюминия // ФТТ. 2003. Т. 45. Вып. 7.

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

О.М. Аушев, асп.; рук. М.Ю. Румянцев, к.т.н, с.н.с. (НИУ «МЭИ»)

ЭЛЕКТРОННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

В настоящее время на кафедре «Электротехнические комплексы автономных объектов и электрического транспорта» НИУ «МЭИ» ведется активная работа по разработке автономной системы электропитания постоянного тока на базе турбогенератора малой мощности.

В рамках научных исследований, посвященных данной работе, в среде OrCAD Capture была разработана имитационная компьютерная модель макета электронного преобразователя постоянного тока повышенной эффективности на напряжение 27 В мощностью 1 кВт. Данный преобразователь представляет собой двоярный прямоходовой двухключевой преобразователь [1, 2] с размагничивающей обмоткой (рис. 1), обеспечивающей магнитную связь между двумя трансформаторами. Разработанная модель позволяет исследовать рабочие процессы в преобразователе с использованием моделей как идеальных, так и реальных ключей и прочих электронных компонентов. Кроме того, для повышения адекватности модели электронного преобразователя была разработана модель трансформатора, учитывающая геометрические параметры сердечника и магнитные свойства его материала.

Посредством указанной модели был проведен анализ работы электронного преобразователя, в результате которого были получены данные, свидетельствующие об эффективности применения размагничивающей обмотки в двоярном прямоходовом преобразователе, выражающейся в возможности увеличения изменения магнитной индукции в сердечнике и уменьшения тем самым размеров трансформаторов.

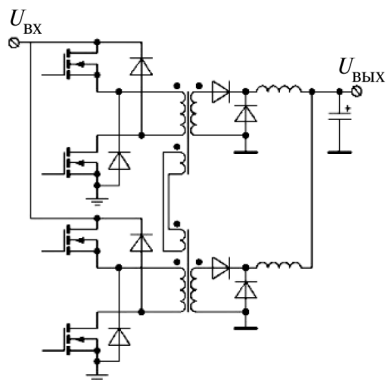


Рис. 1. Прямоходовой преобразователь с размагничивающей обмоткой

С учетом ряда данных, полученных при моделировании, был разработан и изготовлен макет преобразователя с размагничивающей обмоткой, испытания которого позволили получить данные, свидетельствующие о перспективности разрабатываемого решения.

Литература

1. **Pressman A., Billings K., Morey T.** Switching power supply design. Third edition. New York: McGraw-Hill, 2009.
2. **Shaffer B.** Interleaving contributes unique benefits to forward and flyback converters. Texas Instruments, 2005.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КПД ДВС

Общеизвестно [1], что только порядка 35 % энергии, выделяющейся при сжигании топливозвоздушной смеси в цилиндрах ДВС, преобразуется в механическую энергию, 20 % выделяется в виде тепла, отдаваемого в систему охлаждения ДВС, а остальные 45 % просто выбрасывается в атмосферу в виде тепла отработавших газов.

В связи с этим полезное использование энергии отработавших газов является важной научно-технической задачей. При этом можно выделить несколько направлений, нацеленных на разработку систем повышения КПД ДВС путем использования энергии отработавших газов:

- 1) установка в выпускную систему автомобиля теплообменника, содержащего элементы Пельтье [2];
- 2) использование силовой турбины, работающей по органическому циклу Ренкина, для передачи дополнительной механической энергии на коленчатый вал ДВС;
- 3) установка в выпускную систему силовой турбины и электрогенератора, расположенных на одном валу.

Большинство современных автомобилей, сходящих с конвейера, оснащены системой турбонаддува.

Одним из наиболее вероятных и эффективных решений по дальнейшему увеличению КПД ДВС видится установка в систему турбонаддува турбоэлектрокомпрессора, сочетающего в себе турбокомпрессор и высокоскоростную электрическую машину. Для обеспечения корректной работы высокоскоростной электрической машины в двигательном и генераторном режимах необходимо применение реверсивного вентильного преобразователя с развитой информационно управляющей подсистемой, которая должна тесно взаимодействовать с системой управления ДВС и другими системами автомобиля.

В докладе рассматриваются проблемы логических и схемотехнических решений при разработке и реализации обратимого преобразователя и системы управления обратимого преобразователя.

Литература

1. Шароглазов Б.А., Фарафонов М.Ф., Клементьев В.В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет процессов. Челябинск, Издательство ЮУрГУ, 2004.
2. Meisner G.P. Thermoelectric Conversion of Exhaust Gas Waste Heat into Usable Electricity // Directions in Engine-Efficiency and Emissions Research (DEER) Conference, Detroit, Michigan, 2011.

Д.В. Быков, студ.; рук. А.Н. Соломин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ТЯГОВЫЙ ВЕНТИЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ НА БАЗЕ МАШИНЫ С ПЕРЕМЕННЫМ МАГНИТНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

В настоящее время тяговые электромеханические системы, распространенные ранее на электрическом транспорте, находят применение и на мобильных объектах другого назначения. Среди различных типов электроприводов в данной области наибольшее внимание привлекают вентильные двигатели, что связано в первую очередь с хорошей их управляемостью.

Элементами вентильных двигателей являются электрическая машина, инвертор, датчик положения ротора (отсутствующий, если информацию о положении ротора получают после обработки сигнала по фазным напряжениям) и системы управления инвертором.

Среди электрических машин в составе вентильных двигателей нашли применение три вида: синхронные машины с постоянными магнитами, индукторные машины с обмоткой возбуждения и третий вид машин, рассматриваемый автором, который при работе в этом режиме называется Switch Reluctance Drive, вентильные индукторные двигатели, а также машины с переменным магнитным сопротивлением.

Основным достоинством этого типа электромеханического преобразователя является исключительная простота конструкции, ее технологичность, как следствие, при прочих равных условиях низкие затраты на изготовление. В машине отсутствуют постоянные магниты и обмотка возбуждения, что, стоит заметить, вносит определенные сложности в управление этим двигателем: фазный ток в данном электродвигателе однонаправленный, инвертор для данного электропривода выполняется по схемам, отличающимся от массово выпускающихся трехфазных двухполупериодных схем, а пульсация момента и связанные с ней последствия могут негативно повлиять на эксплуатационные качества электропривода.

В процессе работы автором решались следующие задачи: определение методик и проведение проектного и поверочного расчетов, оценка влияния геометрических и обмоточных данных на выходные показатели привода, исследование различных алгоритмов управления, возможностей и характеристик вентильного индукторного двигателя, качественное сравнение тяговых вентильных двигателей, выполненных на базе разных типов электрических машин.

В докладе представлены результаты проведенных автором расчетов и исследований.

Т.М. Виноградова, студ.;
рук. М.Г. Марков, к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКА ТОКА ДЛЯ ЦИФРОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА

Одной из важнейших разновидностей электротехнических систем являются электроэнергетические системы. Электроэнергетика нуждается в устройствах измерения тока в нормальных и аварийных режимах. Для этих целей обычно используются электромагнитные трансформаторы тока. Наибольшее распространение получили электромагнитные трансформаторы тока с замкнутым магнитопроводом. Они имеют массу достоинств, но есть и существенный недостаток: погрешности, связанные с насыщением магнитопровода. Насыщение может вызываться аperiodической составляющей тока, возникающей в переходном процессе при коротких замыканиях в системе. Насыщение магнитопровода вызывает уменьшение вторичного тока и искажение его формы. Чрезмерно большие погрешности могут вызвать неправильные действия устройств релейной защиты и автоматики, поэтому уменьшение погрешности трансформатора тока является важной задачей.

Альтернативный способ решения проблемы, связанной с погрешностями трансформатора тока — это использование пояса Роговского [2]. Он получает все большее применение в качестве первичных преобразователей для релейной защиты. Поскольку напряжение на выходе катушки Роговского пропорционально производной тока, необходимо использовать интегратор для преобразования сигнала, пропорционального di/dt , в сигнал, пропорциональный $i(t)$, для дальнейшей обработки. Для этого используется интегратор на базе операционного усилителя. Реальный интегратор вносит амплитудную погрешность и дополнительный фазовый сдвиг между током и напряжением выходного сигнала. В данной работе исследуются эти фазовые погрешности и способы их устранения. Исследование заключается в построении математических моделей измерительных преобразователя на базе интегратора и пояса Роговского. Прорабатывается методика экспериментальной оценки погрешности реального измерительного преобразователя. Начата разработка необходимой для этого экспериментальной установки.

Литература

1. Киреева Э.А., Цырук С.А. Измерительные трансформаторы тока и напряжения с литой изоляцией: (справочные материалы). М. (Библиотечка электротехника — приложение к журналу «Энергетик»). 2009. Ч. 1.
2. Тюрпен П. Новый класс датчиков переменного тока на основе катушек Роговского // Электронные компоненты. 2010. Вып. 12. С. 37—39.

Н.Р. Должиков, асп.; рук. В.И. Нагайцев, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТОВ ОДНОФАЗНОГО ВЭД НА ФОРМУ И ВЕЛИЧИНУ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА

В экспериментальных исследованиях макетного образца однофазного ВЭД использовалась программа FLUX, разработанная французской компанией CEDRAT.

По результатам исследований компьютерной модели макетного образца однофазного ВЭД с однополярной коммутацией получена зависимость (рис. 1) консервативного момента от взаимодействия магнитов ротора и статора при отключенной обмотке якоря. Было рассмотрено, как влияет неравномерность распределения магнитов ротора вдоль окружности, проходящей по центрам магнитов, и высота магнитов статора на форму и величину крутящего момента. Согласно полученным результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что высоту магнита статора следует выбирать такой, чтобы амплитуда момента, обусловленного взаимодействием магнитов ротора и статора, была как можно больше.

Для того чтобы определить пути уменьшения пульсации крутящего момента необходимо провести дополнительные исследования. А именно: влияние геометрических форм магнитов статора, влияние смещения магнитов ротора и статора в радиальном направлении, исследование взаимодействия обмотки якоря с магнитами ротора и статора.

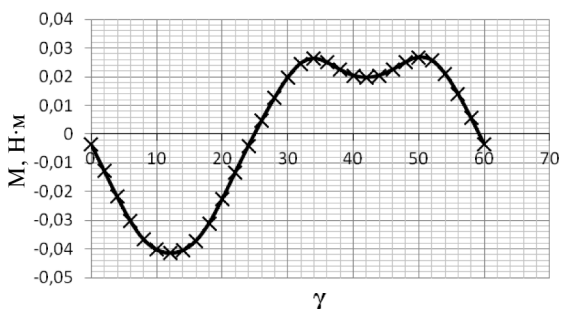


Рис. 1. Консервативный момент от взаимодействия магнитов ротора и статора

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

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ИМПУЛЬСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИСТЕРЕЗИСНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Актуальность рассматриваемой проблемы обусловлена тем, что управление гистерезисным электроприводом является одним из основных направлений его совершенствования [1] наряду с оптимизацией конструкции гистерезисного электродвигателя, улучшением магнитных и гистерезисных свойств и характеристик активных материалов и сплавов ротора электродвигателя, развитием методов и средств термической и термомагнитной обработки этих материалов и сплавов. Управление, в первую очередь импульсное, позволяет повысить энергетические показатели гистерезисного электропривода до предельно возможного для него уровня и стабилизировать их на достигнутом уровне в процессе работы.

Новизна проведенных исследований основана на данных патентного поиска и аналитического обзора литературных источников, подтвердивших основные тенденции развития гистерезисного электропривода из [1].

Личный вклад автора состоит в следующем:

- реализации предложений по совершенствованию математических моделей гистерезисного электропривода и его основных элементов;
- разработке предложений по совершенствованию методик проектирования основных элементов гистерезисного электропривода;
- расчетных исследованиях базовых вариантов гистерезисных электроприводов в основных режимах работы и управления.

Перспективы использования полученных результатов обусловлены реальностью их производственной и коммерческой реализации. Во-первых, эффективность предлагаемого варианта электропривода подтверждена при практическом применении для ряда технологических машин с различными структурами систем электропитания и инерционными механизмами, в частности на опытном производстве Всероссийского научно-исследовательского института синтетических волокон (г. Тверь). Во-вторых, такой вид электропривода может быть встроен в машины, находящиеся в эксплуатации. В-третьих, гистерезисный электропривод перспективен для создаваемого нового поколения формовочных машин.

Исследования, рассматриваемые в докладе, выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) по проектам 13-08-01457-а, 15-08-99600-а и 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.: Издательство МЭИ, 1991. 128 с.

А.Ю. Капустин, асп.; рук. М.Ю. Румянцев, к.т.н., с.н.с. (НИУ «МЭИ»)

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СИНХРОННЫХ МАШИН С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Высокоскоростные синхронные электрические машины с постоянными магнитами (СЭМ ПМ) разрабатываются для новых областей применения, таких как генераторы для газовых турбин, турбокомпрессорных систем, оборудования для медицины. Такие электромеханические преобразователи, мощностью от нескольких сотен ватт до сотен киловатт, могут работать при частотах вращения ротора от нескольких десятков тысяч до сотен тысяч оборотов в минуту. При таких высоких частотах вращения ротора особенно важна оптимизация потерь в электрической машине.

Выполнение этого условия предъявляет особые требования к конструкции ротора СЭМ ПМ. Из-за высокой частоты перемагничивания существенно возрастают потери в стали электрической машины. При частотах вращения более 40 000 оборотов в минуту ротор с постоянными магнитами целесообразно выполнять двухполюсным. Также при высоких частотах вращения ротор испытывает сильные механические нагрузки. Поэтому при разработке конструкции синхронной машины с постоянными магнитами должна быть обеспечена необходимая механическая прочность ротора.

СЭМ ПМ, соответствующая этим условиям, была разработана и экспериментально исследована [1]. Была разработана математическая методика минимизации функции потерь. Для моделирования электромагнитных процессов в электрической машине использовался математический метод конечных элементов в программном пакете Cedrat Flux. Прочностная модель ротора разработана с помощью программного пакета Cedrat Portunus. Минимизация функции потерь в электрической машине велась с помощью алгоритма эвристического поиска с заданными граничными условиями.

На основе результатов оптимизации были внесены изменения в конструкцию исследуемой электрической машины. Повышенная эффективность предложенного электромеханического преобразователя в дальнейшем должна подтвердиться экспериментальными исследованиями.

Литература

1. **Экспериментальное** исследование высокоскоростного турбогенератора для автономной энергетической установки, работающей по органическому циклу Ренкина / М.Ю. Румянцев, С.И. Сигачев, С.Н. Зотов и др. // ЭНЕРГО-2012 (Москва, 4—6 июня 2012 г.). М.: Издательский дом МЭИ, 2012. С. 387—390.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КАБЕЛЬНОГО ТИПА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЫ

В составе современных морских флотов все большее применение находят малоразмерные беспилотные подводные аппараты, предназначенные для решения широкого спектра задач как исследовательского характера, так и в составе военного флота.

Один из наиболее широко используемых типов малоразмерных подводных аппаратов — кабельный (привязной). В такой системе механическая, электрическая и информационная связь аппарата с кораблем осуществляется посредством электрооптического кабель-троса. При относительно больших глубинах погружения мощность бортового электрооборудования таких аппаратов может достигать 50 кВт. Обеспечение электроэнергией систем и узлов аппарата осуществляется с помощью системы электропитания, структурно состоящей из корабельной и бортовой частей подводного аппарата, которые соединяются кабель-тросом [1]. Корабельная часть состоит из преобразователя частоты, подключаемого к бортовой сети корабля, фильтра и повышающего трансформатора, бортовая система подводного аппарата — из понижающего трансформатора, выпрямителя, вторичных источников и распределительных устройств.

Одним из этапов проектирования систем электропитания является имитационное компьютерное моделирование. При использовании программных средств моделирования (пакет программ Orcad Pspice) была разработана имитационная компьютерная модель системы электропитания кабельного типа повышенной частоты, включающая бортовую часть, кабель и корабельную часть системы. Модель учитывает магнитные свойства материалов сердечников трансформаторов и свойства полупроводниковых компонентов.

С помощью модели были исследованы режимы работы системы при различных алгоритмах управления преобразователем частоты и различных параметрах фильтра с целью определения потерь в магнитных и полупроводниковых устройствах, качества электроэнергии и возможности передачи заданной мощности.

Литература

1. **Бериллов А.В., Рюмянец М.Ю.** Разработка системы электропитания подводных аппаратов // Практическая силовая электроника. 2012. № 1(45). С. 33—37.

Е.Н. Павкин, асп.; рук. С.Ю. Останин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В ГИСТЕРЕЗИСНОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

Исследования, рассматриваемые в докладе, выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) по проектам 13-08-01457-а, 15-08-99600-а и 15-58-53072-ГФЕН-а.

Актуальность рассматриваемой проблемы обусловлена тем, что при проектировании и исследовании гистерезисных электроприводов важен учет высших гармоник магнитного поля, обусловленных магнитной нелинейностью ротора, зубчатостью магнитопровода и неидеальностью обмотки статора, несимметричностью и несинусоидальностью электропитания [1]. Методы симметричных составляющих и суперпозиции вследствие принципиальной нелинейности магнитных систем гистерезисных электродвигателей неприменимы и требуют специальных подходов.

Новизна проведенных исследований заключается в следующем:

- выбран оптимальный вариант формирования топологии цепной модели гистерезисного электродвигателя с использованием в качестве элементарного структурного блока электрической схемы замещения по структуре эквивалентной электрической схеме для первой гармоники [1];
- отработаны средства объединения цепных и полевых моделей приводного электродвигателя и взаимного обмена данными между ними;
- разработан алгоритм определения эквивалентных сосредоточенных параметров цепной модели гистерезисного электродвигателя.

Личный вклад автора состоит в следующем:

- расчетных исследованиях электромагнитных процессов при управлении гистерезисными электродвигателями в составе электропривода;
- развитии математических и компьютерных моделей системы управления новыми вариантами гистерезисных электроприводов;
- расчетном анализе рабочих показателей и характеристик гистерезисных электроприводов основных режимов работы и управления.

Перспективы использования полученных результатов обусловлены совершенствованием методов и средств проектирования и исследования гистерезисных электроприводов и их базовых элементов, строгим учетом возмущающих воздействий по электропитанию и нагрузке и управляющих воздействий, в том числе импульсных, по электрическим цепям статора.

Литература

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

ПРЕДПРОЕКТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ БЛОКОВ СТЫКОВОЧНОГО УСТРОЙСТВА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Актуальность рассматриваемой проблемы обусловлена широким применением стыковок космических кораблей, станций и других космических аппаратов в современных условиях и в перспективе. Это подтвердил аналитический обзор 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. Королева» — ведущего российского ракетно-космического предприятия, головной организации по пилотируемым космическим системам.

Личный вклад автора состоит в следующем:

- анализе структуры и элементной базы электромеханических блоков стыковочного устройства перспективного космического аппарата;
- сравнительном анализе разных видов электромеханических преобразователей энергии в составе соответствующих функциональных блоков;
- выборе и техническом обосновании оптимальной структуры и элементной базы электромеханических блоков стыковочного устройства.

Перспективы использования полученных результатов обусловлены следующим. Исследования проводятся в рамках плановых научно-исследовательских работ структурного подразделения ОАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева». Автор доклада выполняет магистерскую диссертацию в указанном подразделении по соответствующей тематике. Электромеханические блоки являются важными составляющими стыковочного устройства космического аппарата. В связи с этим полученные результаты и результаты, которые планируется получить в дальнейшем, имеют долгосрочную устойчивую перспективу.

Исследования, рассматриваемые в докладе, выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) по проектам 13-08-01457-а и 15-08-99600-а.

Литература

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

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

РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ФОТОРЕЗИСТИВНЫМ МЕТОДОМ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ ГИСТЕРЕЗИСНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Актуальность рассматриваемой проблемы обусловлена тем, что электронные блоки в гистерезисном электроприводе имеют важное значение для управления электродвигателем в составе электропривода [1]. Наиболее эффективное управление реализуется посредством подачи импульсов тока по цепям электропитания статора электродвигателя, с помощью которых ротор электродвигателя переводится в состояние постоянного магнита. В связи с этим разработка новыми методами печатных плат для электронных блоков гистерезисного электропривода актуальна и перспективна.

Новизна проведенных исследований обусловлена перспективами совершенствования элементов гистерезисного электропривода и тенденциями развития методов и средств изготовления печатных плат. Используемый фоторезистивный метод — один из самых простых и качественных методов проектирования и изготовления печатных плат с помощью САПР.

Личный вклад автора состоит в следующем:

- анализе структуры и элементной базы электропривода;
- проектировании печатной платы с помощью программы Dip Trace, имеющей удобный интерфейс и возможность расширения базы элементов;
- изготовлении паяльной маски, наносимой в три слоя с помощью валика на печатную плату с использованием SMD технологий и компонентов;
- пайке навесных и SMD компонентов печатной платы, микросхем, а также дискретных элементов: резисторов, диодов, транзисторов и др.

Перспективы использования полученных результатов обусловлены реальностью их производственной и коммерческой реализации. Во-первых, фоторезистивный метод — один из самых простых и качественных. Во-вторых, полный цикл изготовления печатных плат с его помощью можно выполнить с помощью высокотехнологичного оборудования на кафедре ЭКАОиЭТ НИУ «МЭИ». В-третьих, автономно изготовленные электронные блоки с печатными платами легко ввести в состав электроприводов, производимых на профильных электротехнических предприятиях.

Исследования, рассматриваемые в докладе, выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) по проектам 13-08-01457-а, 15-08-99600-а и 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.: Издательство МЭИ, 1991. 128 с.

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИНДУКТИВНОСТИ ФАЗ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАШИН

В докладе рассматривается система измерения уровня индуктивности в обмотке статора высокоскоростной электрической машины.

В настоящее время в системах генерирования электроэнергии все чаще используются микротурбинные электроустановки, использующие в качестве источника первичной энергии механическую энергию, получаемую при вращении вала высокоскоростной микротурбины. Важной технической задачей при работе высокоскоростных машин является измерение уровня индуктивности.

Сейчас существует множество видов измерительных устройств, позволяющих определить параметры обмотки машины, например такие, как АКТАКОМ АМ-3001 и Precision Magnetics Analyzer. Основным объектом измерений для них являются дроссели для электронных изделий малой и средней мощности. В связи с этим эти приборы не способны обеспечить высокий ток. Значения индуктивностей, определенные с помощью этих установок, не соответствуют уровню, наблюдаемому в номинальном режиме работы, из-за разной степени насыщения стали.

Наиболее удачным вариантом решения поставленной задачи является создание системы измерения индуктивности обмотки статора электрической машины, способной учитывать такие явления, как взаимоиנדукция проводников обмотки, самоиндукция и уровень намагниченности. Принципиальная схема измерительной установки приведена на рис. 1.

Принцип работы устройства заключается в том, что при включении транзистора к индуктивности прикладывается напряжение, которое уравновешивается падением напряжения на активном сопротивлении и ЭДС самоиндукции, которая по закону электромагнитной индукции вызвана изменением магнитного потока и, как следствие, тока контура. Используя известное выражение $U = L \cdot di/dt$, можно вычислить индуктивность катушки.

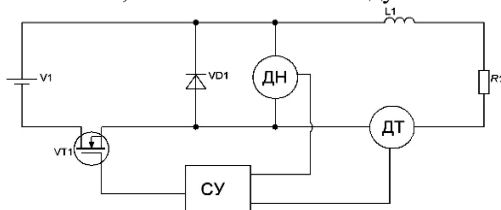


Рис. 1. Схема измерительной установки

С.Е. Стифунин, студ.; рук. А.В. Сизякин, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ОБЪЕКТА НА БАЗЕ МИКРОТУРБИНОЙ УСТАНОВКИ

Развитие авиационной техники во многом связано с совершенствованием систем энергоснабжения летательных аппаратов (ЛА). Концепции полностью электрического самолета (ПЭС) применительно к тяжелому транспортному самолету позволят получить:

- снижение потребления топлива — 8—12 %;
- снижение полной взлетной массы — 6—10 %;
- снижение прямых эксплуатационных расходов — 5—10 %;
- снижение стоимости жизненного цикла — 3—5 %;
- увеличение среднего налета на отказ — 5—6 %;
- снижение времени технического обслуживания — 4—4,5 %.

Основу вспомогательных силовых установок (ВСУ) составляют мало-мощные (эквивалентная мощность не более 500 кВт) газотурбинные двигатели. ВСУ применяются на многих серийных самолетах и вертолетах для обеспечения запуска маршевых газотурбинных двигателей (ГТД), подачи воздуха в систему кондиционирования и вентиляции, а также привода генераторов СЭС. ВСУ выпускаются во многих промышленно развитых странах мира достаточно большим числом компаний.

Авиационные ВСУ выполняются по одновальной схеме газотурбинного двигателя, реализующей простой цикл Брайтона—Джоуля. В подавляющем большинстве микротурбинных установок тепловой и электромеханический преобразователи энергии — газовая турбина и электрический генератор — образуют единый агрегат, в котором рабочее колесо турбины и ротор генератора расположены на общем валу и поэтому имеют равные частоты вращения. При малой мощности микротурбинных энергоустановок (МКТЭУ) для достижения приемлемого КПД турбины необходимо повышение частоты ее вращения до десятков и сотен тысяч оборотов в минуту, поэтому практическая реализация микротурбинных энергоустановок не возможна без разработки высокоскоростных электрических машин (включая разработку высокоскоростных подшипников) и электронных устройств управления ими.

Исследования потерь стали в элементах конструкции турбогенераторов показали, что наибольшие потери происходят в бандаже ротора. На потери в бандаже ротора оказывают влияние геометрические данные машины и схемы подключения нагрузки преобразователя.

Доклад посвящен влиянию параметров на уровень потерь в бандаже ротора.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДОВ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Несмотря на очевидные преимущества литий-ионных аккумуляторов, применение их в космической технике требует решения целого ряда задач, связанных с увеличением циклов заряд/разряд (до 7000), созданием твердых полимерных электролитов, обеспечением радиационной стойкости, совершенствованием энергомассовых характеристик путем применения новых перспективных материалов.

В связи с этим цель работы состояла в поиске, синтезе и исследовании новых перспективных материалов для электродных узлов отрицательных и положительных электродов литий-ионных аккумуляторов на базе наноструктурированных углеродных материалов [1].

В условиях работы литий-ионного аккумулятора предлагается использовать новые наноструктурные материалы на основе линейно-цепочечного углерода, или, точнее, пленки углеродного наноматериала на основе строго ориентированных пучков углеродных квантовых нитей. Такие пленки, получаемые по методу [2], представляют собой двумерно-упорядоченную структуру, состоящую из цепочек углеродных атомов, объединенных Sp^1 гибридизацией (рис. 1).

Цепочки углерода ориентированы перпендикулярно поверхности подложки и организованы в гексагональную плотноупакованную решетку (рис. 2). Цепочки объединяются силами Ван-дер-Ваальса и находятся друг от друга на расстоянии $4,886 \pm 5,12 \text{ \AA}$. Величина этого расстояния не является константой, а определяется чистотой углеродной матрицы и влиянием на нее подложки. При самых минимальных толщинах 5 \AA пленка не имеет островковой структуры и полностью покрывает подложку, повторяя ее исходную топографию.

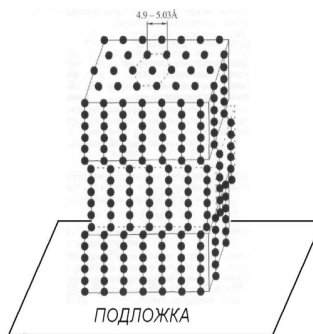


Рис. 1. Модель атомной структуры Sp^1 углеродной пленки

Литература

1. Патент RU 2282919 C1. Углеродсодержащий материал для литий-ионного аккумулятора и литий-ионный аккумулятор. Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2005.
2. A high-capacity cathode for rechargeable alkaline batteries Halogen: A high-capacity cathode for rechargeable alkaline batteries / Y. Idota, T. Kubota, A. Matsufuji et al. // Science. 1997. P. 1395—1397.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИСТЕРЕЗИСНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ПОВЫШЕННЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ МОМЕНТОМ

Актуальность рассматриваемой проблемы связана с тем, что в составе гистерезисного электропривода можно эффективно управлять рабочим магнитным потоком электродвигателя с помощью напряжения электропитания. Это создает возможности расширения области применения гистерезисного электропривода за счет новых для него областей техники и промышленности, использующих сепараторные, валковые, роликовые механизмы: высокотехнологичных отраслей мясомолочной, рыбоперерабатывающей, сельскохозяйственной, металлургической промышленности. Для них необходимы электроприводы с моментами десятки и даже сотни ньютон на метр.

Новизна проведенных исследований заключается в моделировании и расчетном анализе вариантов гистерезисного электропривода с указанными значениями моментов, на два и более порядков превышающими моменты для традиционных областей применения этого вида электропривода [1].

Личный вклад автора состоит в следующем:

- анализе литературы по реализации гистерезисного электропривода и по нагрузкам, создаваемым указанными выше механизмами;
- проектном и поверочном электромагнитном расчете базового варианта гистерезисного электродвигателя для электропривода механизма;
- оценке эффективности новых гистерезисных материалов, применяемых для активных частей роторов приводных электродвигателей;
- расчетном анализе рабочих показателей и характеристик гистерезисных электроприводов основных режимов работы и управления.

Перспективы использования полученных результатов обусловлены реальностью их производственной и коммерческой реализации. В частности, эффективность предлагаемого электропривода подтверждена при практическом применении в других технологических агрегатах и машинах с подобными структурами систем электропитания и рабочих механизмов, в частности на опытном производстве Всероссийского научно-исследовательского института синтетических волокон (г. Тверь).

Исследования, рассматриваемые в докладе, выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) по проектам 13-08-01457-а и 15-08-99600-а.

Литература

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

А.С. Фрейдлин, студ.; Хаинг Мин У, докторант;
рук. Г.С. Мыцык, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНВЕРТОРНОГО ЗВЕНА СИСТЕМЫ ПСПЧ С МНОГОКАНАЛЬНЫМ ПРИНЦИПОМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТОКА

Электротехнический комплекс, обеспечивающий преобразование механической энергии с изменяющейся частотой вращения вала в электрическую энергию со стабилизированными на заданном уровне и с заданной точностью напряжением и частотой, получил название «Переменная скорость — постоянная частота — ПСПЧ». Практическая потребность в системах с такой функциональной характеристикой возникает в малой энергетике (ветро- и гидроэнергетике), в дизель-генераторных установках, на различного рода подвижном транспорте (на летательных аппаратах, на авто- и железнодорожном транспорте, на судах и подводных лодках). В принципе известны различные способы решения этой проблемы [1]. Одна из наиболее перспективных систем ПСПЧ представляет собой электрический генератор (ЭГ), расположенный на общем с приводным двигателем валу и последовательно включенный с ЭГ статический преобразователь частоты (СПЧ), выполненный в виде силовых последовательно включенных выпрямительного и инверторного звеньев. Известно, что наилучшие результаты достигаются не при вынужденном, а при системном проектировании (когда все звенья системы проектируются одновременно и совместно с учетом свойств каждого звена и взаимного их влияния друг на друга). В докладе рассматривается новый нетрадиционный вариант структурно-алгоритмической организации (САО) автономной системы ПСПЧ, реализующий перспективный принцип многоканального преобразования (МКП) энергетического потока, когда ЭГ проектируется системно с выпрямительным звеном, образуя машинно-электронную генерирующую систему МЭГС-1 с напряжением постоянного тока, а ее выходные параметры рассчитываются на потребляемую трехфазным инверторным звеном (ТИЗ) мощность. МЭГС-1 совместно с ТИЗ образуют машинно-электронную генерирующую систему МЭГС-2 с 3-фазным напряжением переменного тока с искажениями, не превышающими заданный уровень. Рассматриваются два варианта МЭГС-2 с канальностью всех звеньев $L = 2$ и $L = 3$. Формирование выходного напряжения ТИЗ осуществляется по программному алгоритму с ШИМ по синусоидальному закону.

Литература

1. **Электрооборудование** летательных аппаратов: учебник для вузов. В 2 т. / под ред. С.А. Грузкова. М.: Издательство МЭИ, 2005. Т. 1. Системы электроснабжения летательных аппаратов.

Н.С. Шевырев, асп.; рук. А.В. Сизякин, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА БАЗЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЭЛЕКТРОТУРБОМАШИНЫ

Применение высокоскоростных электротурбомашин (ЭТМ) в составе микротурбинных энергетических установок (МКТЭУ) для систем малой распределенной энергетики является важным направлением совершенствования систем энергоснабжения воздушных судов с повышенным уровнем электрификации.

В МКТЭУ с прямым приводом от блока турбокомпрессора начальный запуск энергоустановок с выходом на режим генерации электроэнергии обеспечивается посредством работы ЭТМ в стартерном (двигательном) режиме с потреблением энергии от внешнего источника.

Для обеспечения работы ЭТМ в двигательном режиме основной задачей является разработка схмотехнических решений и эффективных алгоритмов управления.

Применяются различные методы управления ЭТМ, например такие, как скалярное и векторное управление. Оба этих метода могут быть реализованы как с применением датчика скорости или положения ротора, так и без него (бездатчиковое управление). Наиболее перспективным является метод векторного управления без датчика положения ротора, так как его отсутствие значительно упрощает систему электропривода и увеличивает ее надежность [1].

Главная сложность данного метода заключается в том, что для запуска двигателя и работы на низких скоростях необходимо точно знать положение ротора. Другой недостаток данного способа управления заключается в большой вычислительной сложности, поэтому для его реализации используются современные цифровые системы управления.

Цель данной работы заключалась в разработке системы привода ЭТМ, объединяющей силовую часть и микроконтроллерную систему управления, которая включает в себя микроконтроллер и датчики тока и напряжения.

В докладе речь пойдет о разработке микропроцессорной системы управления на основе микроконтроллера stm32f407vg.

Литература

1. **Калачев Ю.Н.** Векторное регулирование (заметки практика). М.: ЭФО, 2013.

Секция 23

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

Председатель секции — д.т.н., профессор П.А. Курбатов

Секретарь секции — к.т.н., доцент А.Е. Кузнецова

Е.Г. Бандорина, студ.; В.Н. Шоффа, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МИКРОЗЕРКАЛО С ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

Биомедицинские микроэлектромеханические системы (биоМЭМС) — миниатюрные диагностические и лечебные устройства нового поколения с интегрированными микроэлектронными и микромеханическими компонентами. Благодаря большому разнообразию данные устройства имеют широкую область применения: от оборудования для диагностики заболеваний до биопротезов.

Особого интереса заслуживает разработка МЭМС, содержащих устройства, применяемые в оптической когерентной томографии — методе, предназначенном для исследования поврежденных тканей человека. Данный метод применяется, например, в устройстве эндоскопов, где в качестве МЭМС-устройства выступает микрозеркало, представленное на рис. 1.

На сегодняшний день разработано несколько способов управления микрозеркальным устройством, и наибольший интерес вызывает электротермический привод. Несмотря на ряд недостатков, среди которых более высокое энергопотребление, чем у электростатического привода, и низкая скорость переключения, производство электротермического привода является довольно простым, в связи с чем необходимы исследования данного типа привода [1].

Электротермический привод представляет собой консольную балку, состоящую из двух слоев материалов с разными коэффициентами теплового расширения. При протекании тока по этим слоям консоль нагревается, изгибается и поворачивает зеркальную пластину.

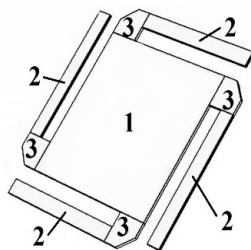


Рис. 1. Эскиз микрозеркала:
1 — зеркальная пластина;
2 — консольные приводные балки; 3 — изоляторы

В работе представлен подход к разработке МЭМС, содержащей устройства, применяемые в аппарате для оптической когерентной томографии; рассчитаны силы, действующие на консольные балки; затронуты вопросы миниатюризации данного устройства; приведены теоретические расчеты и результаты моделирования в программе Comsol Multiphysics.

Литература

1. **Two axes** scanning SOI MEMS micromirror for endoscopic bioimaging. Journal of Micromechanics and Microengineering / J. Singh, J.H.S. Teo, Y. Xu et al. 2008.

*Р.В. Богданов, Е.Н. Герасюто, студенты; К.В. Крюков, асс.
(НИУ «МЭИ»)*

РЕГУЛЯТОР ПОТОКОВ МОЩНОСТИ ДЛЯ ФЭП

В последнее время все больший интерес проявляется к использованию альтернативных источников энергии. Вызвано это постоянным повышением потребления электрической энергии в мире из-за увеличения энергоемкости производства, количества используемой техники. Одним из важнейших и перспективных направлений для экономии электрической энергии является использование солнечной энергии. Этот факт обусловлен стремительным прогрессом в области силовой электроники, которого удалось добиться за последние несколько лет.

В работе рассмотрены основные структуры регуляторов потоков мощности для согласования фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) с сетью переменного тока, описаны их достоинства и недостатки [1]. Также составлен обзор алгоритмов поиска точки максимальной мощности ФЭП [2]. Проведен анализ схем регуляторов постоянного тока, применяемых в данных системах. Представлены методики расчета параметров и выбора основных элементов регулятора POSLC (преобразователь постоянного тока в постоянный с бестрансформаторным многократным повышением напряжения) и двухфазного повышающего регулятора. Кроме того, разработана система управления на базе программируемой логической интегральной схемы и программа для системы управления, которая позволяет работать в режимах отслеживания точки максимальной мощности и в режиме стабилизации выходного напряжения повышающего регулятора с последующим преобразованием постоянного напряжения в переменное напряжение промышленной частоты. Было установлено, что наилучшей топологией систем соединения ФЭП с сетью является параллельное соединение солнечных панелей через собственные, встроенные DC/DC преобразователи. При обзоре алгоритмов определения точки максимальной мощности по соотношению сложность реализации/конечный результат метод возмущения и наблюдения оказался наилучшим.

Литература

1. **Geoffrey R. Walker.** Cascaded DC–DC Converter Connection of Photovoltaic Modules // IEEE. 2004. Vol. 19. No. 4.
2. **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. А.В. Соломатин, асс. (НИУ «МЭИ»)

ВОПРОСЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НКУ

В настоящее время одна из основных задач предприятий всех отраслей промышленности РФ — найти достойную замену импортному оборудованию и аппаратам. При этом важно, чтобы отечественный производитель имел соответствующие компетенции для импортозамещения.

В докладе представлены результаты анализа типовых решений для низковольтных распределительных устройств (НКУ), изготовленных на базе отечественного и зарубежного оборудования. В качестве примера проведен подбор силовых коммутационных аппаратов для производства двух типов НКУ: главного распределительного щита (ГРЩ) с двумя вводами на номинальный ток 2000 А и схемой автоматического ввода резерва (АВР) «2 в 2» и распределительного щита (РЩ) с двумя вводами на номинальный ток 400 А и схемой АВР «2 в 1». Проводится сравнение НКУ, укомплектованных аппаратами производства компании АВВ (Швеция — Швейцария), и НКУ, собранных с применением аппаратов, изготовленных в России такими производителями, как Курский электроаппаратный завод (КЭАЗ), ПО Электротехник, АО «Контактор», оцениваются такие параметры НКУ, как стоимость, габаритные размеры, функциональность и надежность, сравниваются характеристики самих коммутационных аппаратов.

По итогам работы сделаны выводы о возможности замены оборудования зарубежного производства его отечественными аналогами. Импортные электрические аппараты в большинстве случаев имеют меньшие габаритные размеры, более современный дизайн и широкую функциональность, но при этом их стоимость значительно превышает цены на российские аналоги. По надежности и долговечности отечественное коммутационное оборудование проигрывает зарубежному, имея значительно меньшую электрическую износостойкость, в связи с чем требует более частого проведения текущего и капитального ремонтов.

Д.И. Голубев, студ.; рук. К.В. Крюков, асс. (НИУ «МЭИ»)

ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС НА БАЗЕ ПЛК

Программируемый логический контроллер (ПЛК) — микропроцессорное устройство, предназначенное для управления технологическими процессами в промышленности и другими сложными технологическими объектами. Принцип работы ПЛК заключается в сборе сигналов от датчиков и измерительных преобразователей и их обработке в соответствии с прикладной программой пользователя с последующей выдачей управляющих сигналов на исполнительные устройства.

Промышленные контроллеры являются основой для построения систем автоматизации любой степени сложности, начиная от локальных САУ (Систем автоматического управления) и заканчивая уровнями АСУТП (Автоматизированных систем управления технологическим процессом). Для программирования большинства современных ПЛК используются универсальные средства разработки прикладных программ на пяти языках стандарта МЭК 61131-3. Поэтому нет необходимости в глубоком изучении программирования определенного типа ПЛК, следовательно, появилась возможность быстрого создания систем АСУТП. Современному специалисту в области электрических и электронных аппаратов просто необходимо иметь представление о современных АСУТП, а также знать основы для проектирования таких систем.

В настоящее время на кафедре «Электрические и электронные аппараты» в образовательном процессе активно используются лабораторные работы «Устройство автоматического ввода резерва на контакторах» и «Запуск двигателя переключением звезда-треугольник». Однако для развития навыков практической работы с ПЛК необходимо провести модернизацию существующих стендов и разработать ряд новых лабораторных работ.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНИТОТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

В связи с современным уровнем развития техники расширяется область применения магнитных материалов. Важным этапом производства является контроль магнитных характеристик материалов [1]. Одним из методов контроля магнитотвердых материалов на соответствие требованиям стандартов ИЕС 60404-5, ГОСТ Р 52956 является определение статических магнитных характеристик с помощью гистерезисграфов.

Проведен анализ методов контроля, оценены преимущества и недостатки различных методов. Изучено оборудование, применяемое для магнитных измерений — гистерезисграфы, выпускаемые отечественными [2] и зарубежными [3] компаниями.

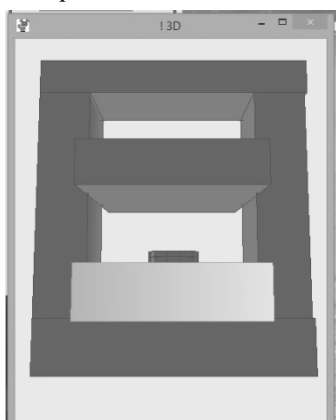


Рис. 1. 3D-модель устройства для намагничивания

Разрабатывается математическая модель магнитной системы устройства для намагничивания постоянных магнитов в программном комплексе для численного расчета электромагнитных полей EasyMAG3D [4] (рис. 1). Проводятся исследование процесса намагничивания магнитотвердых материалов и оценка погрешностей, возникающих в процессе измерений.

Литература

1. **Пятин Ю.М.** Постоянные магниты: Справочник. М.: Энергия, 1980.
2. **Кифер И.И.** Испытания ферромагнитных материалов. М.: Энергия, 1969.
3. **Измерительное** оборудование для магнитных материалов / Magnet-physik [Электронный ресурс]. URL: <http://www.magnet-physik.de/messgeraete-magnetwerkstoffe.html?&L=1>.
4. **Курбатов П.А., Аринчин С.А.** Численный расчет электромагнитных полей. М.: Энергоатомиздат, 1984.

СИЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ ДЛЯ ИНДУКТИВНОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ (СПИН)

Сверхпроводящие индуктивные накопители (СПИН) являются перспективным типом накопителей электрической энергии, которые могут применяться в автономных системах электроснабжения и системах передачи и распределения энергии. СПИН большой энергоемкости обеспечивают компенсацию колебаний напряжения, частоты и мощности в электроэнергетических системах. МикроСПИН могут выполнять функцию согласования альтернативных источников энергии с сетью в системах с распределенной генерацией, которые являются основой создания «разумных» сетей (Smart Grids) [1].

Регуляторы мощности для СПИН могут быть выполнены на основе преобразователя напряжения (VSC) или преобразователя тока (CSC), структурные схемы которых показаны на рис. 1. Выпрямительно-инверторный преобразователь напряжения (рис. 1, а) обеспечивает связь накопительного конденсатора с сетью, а импульсный DC/DC-преобразователь — обмен энергией со сверхпроводящей катушкой. Регулирование тока в дросселях, включенных на стороне переменного тока, осуществляется за счет широтно-импульсной модуляции напряжения. В структуре на базе CSC (рис. 1, б) транзисторный преобразователь осуществляет непосредственное регулирование тока, что обеспечивает высокое быстродействие. В этом случае при широтно-импульсной модуляции тока на стороне переменного тока преобразователя необходимо наличие конденсаторов.

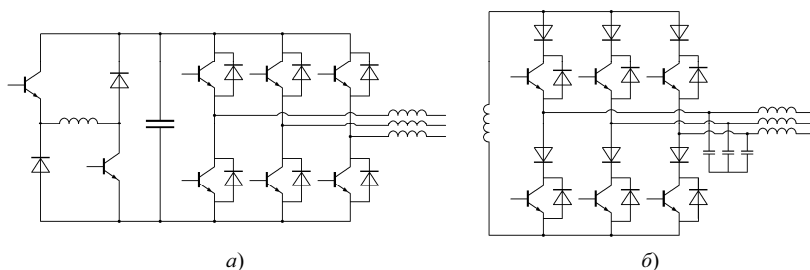


Рис. 1. Схемы регуляторов мощности для СПИН:
а — VSC; б — CSC

Литература

1. **Jian Xun Jin.** Emerging SMES Technology into Energy Storage Systems and Smart Grid Applications // Large Scale Renewable Power Generation: Advances in Technologies for Generation, Transmission and Storage. Ed. by J. Hossain and A. Mahmud. Singapore: Springer, 2014.

МАКРОМОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ — ИНДУКТОР

Сегодня для управления сложными системами все чаще используются имитационные модели. Такие модели зачастую представляют собой сложные системы нелинейных уравнений с большим количеством неизвестных, для нахождения которых требуется выполнение большого объема вычислений [1]. Максимальная простота расчета и достаточно высокая точность результата имитации достигается за счет представления системы в виде макромодели, в которой используется самая грубая пространственная аппроксимация параметров, позволяющая исключить трехмерные и временные координаты [2].

Ранее была проведена оптимизация магнитной системы трехфазного индуктора. Другую часть системы — источник питания — разбили на функциональные узлы (рис. 1), составили схему в среде компьютерного моделирования OrCAD 9.2.

Задача заключалась в подборе параметров фильтров исследуемого устройства, которые обеспечили необходимое качество напряжения на выходе инвертора в соответствии с техническим заданием, а также в возможности регулирования напряжения в высокочастотном инверторе, которое осуществили широтным способом.

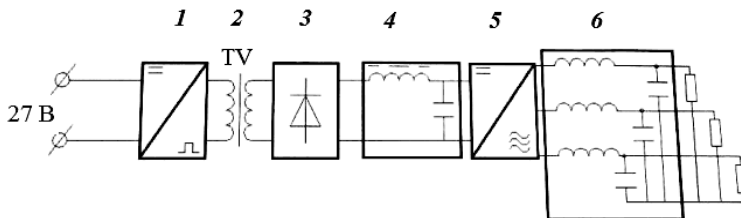


Рис. 1. Структурная схема источника питания:

1 — высокочастотный (ВЧ) инвертор ($f = 20$ кГц); 2 — ВЧ трансформатор; 3 — ВЧ выпрямитель; 4 — Г-образный LC фильтр; 5 — низкочастотный трехфазный инвертор напряжения; 6 — Г-образный LC фильтр

Литература

1. **Басалаев А.А.** Распределенное имитационное моделирование системы теплоснабжения зданий в среде VISSIM// Вестник ЮУрГУ. Ч.: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. Т.13. № 2.

2. **Годжелло А.Г., Розанов Ю.К.** Электрические и электронные аппараты. В 2 т. Т. 1. М.: Издательский центр «Академия», 2010. С. 98—129.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДУГОВЫХ ПРОЦЕССОВ В АППАРАТАХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

В низковольтных системах наиболее распространенными аппаратами управления являются контакторы. Поэтому данные аппараты должны обладать высокой степенью надежности, в оценке которой основополагающую роль играют дуговые процессы, происходящие при коммутации [1].

При размыкании контактов между ними загорается электрическая дуга. Для более эффективного ее гашения используются различные типы контактно-дугогасительных устройств (КДУ). От момента возникновения до момента гашения электрическая дуга проходит несколько стадий (рис. 1) [2]. На каждой из этих стадий в момент перехода тока через нуль идет соревновательный процесс между восстанавливающейся прочностью промежутка и переходным восстанавливающимся напряжением сети, приложенным к нему. В зависимости от того, в какой момент времени относительно начала полупериода тока произошло размыкание контактов, дуга может погаснуть на одной из четырех стадий ее существования (см. рис. 1).

Для успешного проектирования КДУ контакторов необходимо уметь моделировать процессы, происходящие в них. В работе рассматривается ряд моделей (статических и динамических) горения и гашения дуги и на их основе в программном комплексе MatLab Simulink моделируются дуговые процессы в трехфазном контакторе переменного тока.

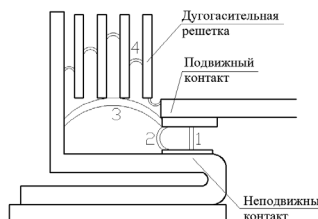


Рис. 1. Эскиз КДУ контактора ПМ12-100 с показанными на нем стадиями горения дуги

Литература

1. **Электрические** и электронные аппараты. В 2 т. Т. 1 Электромеханические аппараты: учебник для вузов / Е.Г. Акимов и др. М.: Издательский центр «Академия», 2010.
2. **Попова Е.П.** Методика автоматизированного проектирования дугогасительных устройств контакторов и магнитных пускателей переменного тока: дис....канд. техн. наук. М., МЭИ, 1988.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РАСХОДОМЕРА

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

В данном докладе представлен анализ современных электромагнитных расходомеров. Исполнение современных расходомеров определяется их геометрией: типом и формой электродов, формой магнитного поля.

Была построена математическая модель электромагнитного расходомера в программном средстве COMSOL Multiphysics, промоделировано электромагнитное поле и индуцированное напряжение на электродах с учетом скорости движения жидкости электромагнитного расходомера при помощи COMSOL Multiphysics.

Моделирование проводилось с различной конфигурацией поля, создаваемое намагничивающей обмоткой, при этом была проведена оценка влияния формы и направления поля на точность измерения.

В докладе дается описание модели расходомера и пошаговая инструкция по моделированию электромагнитного расходомера при помощи программного средства COMSOL Multiphysics.

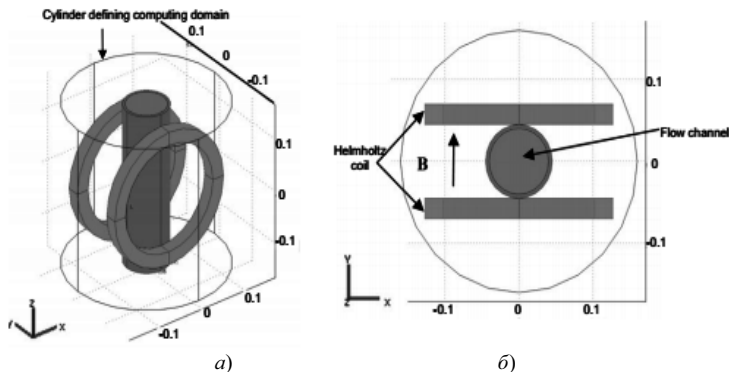


Рис 1. Схематическое изображение расходомера, используемого при моделировании

По итогам работы были сделаны выводы о влиянии различных параметров на точность измерения электромагнитного расходомера.

Литература

1. Leeungcalsatien T, Lucas GP. Measurement of velocity profiles in multiphase flow using a multi-electrode electromagnetic flow meter. Flow Measurement and Instrumentation, 2012.

А.Д. Караванов, студ.; рук. Е.А. Кузнецова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИМИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ

В настоящее время на рынке электроаппаратостроения имеется множество различных вспомогательных приборов. Один из них — мотор-редуктор — устройство для дистанционного включения и отключения автоматического выключателя на электрических станциях и подстанциях. Проведен анализ продукции мотор-приводов, выпускаемых различными производителями: АВВ, iEK, КАЭЗ, ЕКF, Schneider Electric.

В работе изучается возможность применения электромагнитного привода в качестве устройства для дистанционного управления автоматическим выключателем. Дистанционное управление выключателем заключается в подаче командных сигналов на дистанционный привод выключателя со щита управления или другого пункта, где установлены средства управления. Работа электромагнитного привода по включению выключателя совершается за счет энергии, потребляемой электромагнитом включения из сети переменного напряжения 220 В, от которой осуществляется возбуждение этого электромагнита. Замена мотор-редуктора электромагнитным приводом приведет к уменьшению габаритных размеров и стоимости данного устройства. Приведены технические данные и конструкция модульного автоматического выключателя, необходимые для проектирования электромагнитного привода.

Рассмотрены преимущества и недостатки данного привода. Исследуется возможность применения электромагнитов различного тока для решения поставленной задачи. Сделан обзор блок-схемы данного привода.

Для решения поставленной задачи воспользуемся программным комплексом EasyMAG3D для моделирования и расчета магнитной системы электромагнитного привода.

Литература

1. **Гордон А.В., Сливинская А.Г.** Электромагниты постоянного тока. М.: Энергия, 1960.
2. **Гордон А.В., Сливинская А.Г.** Электромагниты переменного тока. М.: Энергия, 1968.
3. **Годжелло А.Г., Розанов Ю.К.** Электрические и электронные аппараты. М.: Академия, 2010.

ИНСТРУМЕНТЫ ПРОВЕРКИ СЕЛЕКТИВНОСТИ И ПОСТРОЕНИЕ КРИВЫХ ОТКЛЮЧЕНИЯ, КОМПЛЕКСЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В настоящее время энергосбережение стало приоритетным направлением, подразумевая под собой уменьшение потерь энергии, за счет увеличения эффективности используемого оборудования [1]. Современные электротехнические инструменты для управления, контроля и расчета в полной мере соответствуют решению задач электроснабжения.

Основной проблемой предлагаемых проектных решений является соблюдение селективности при подборе оборудования [1]. Конфигуратор проверки селективности среднего и низкого напряжения позволяет получить графическое представление задачи правильного, с точки зрения безопасности, подбора устройств. На примере нескольких схем были реализованы варианты согласования вводных автоматических выключателей НН с силовыми выключателями СН, а также варианты подбора оборудования по селективности.

Различные уровни распределения помимо согласованной работы селективных аппаратов требуют постоянного контроля для достижения более эффективных показателей [1]. Для этого различные производители стараются создать специальные комплексы. Одним из таких решений является комплекс компании SchneiderElectric «Умный щит», который позволяет организовать сбор данных при помощи современных цифровых стандартов связи без дополнительного программирования. «Умный щит» имеет возможность прямой интеграции в систему передач данных без применения дополнительных средств автоматизации. Система также позволяет снизить время на ликвидацию неисправностей. При небольшом увеличении стоимости по сравнению с обычным щитом происходит экономия средств на монтаж вторичных соединений, на материалах для вторичных соединений на щите автоматизации с контроллером [2].

Проведение данных исследований может позволить установить качество и целесообразность использования таких систем, а также обеспечить автоматизированную работу для уменьшения ошибок в неточности измерения, вызванных человеческим фактором.

Литература

- 1. Годжелло А.Г., Розанов Ю.К.** Электрические и электронные аппараты. Т. 1. М.: Академия, 2010.
- 2. SchneiderElectric.** Щиты распределения электроэнергии с цифровой поддержкой, 2015.

Н.О. Комраков, студ.; рук. П.А. Курбатов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА МАЛОГАБАРИТНОЙ МАГНИТНОЙ ФОКУСИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ МАГНИТОТВЕРДОГО РЕДКОЗЕМЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА КС25ДЦ ДЛЯ ЭЛЕКТРОВАКУУМНОГО СВЧ ПРИБОРА

В результате работы спроектирована малогабаритная магнитная фокусирующая система на базе магнитотвердого редкоземельного материала КС25ДЦ, предназначенная для работы в электровакуумном СВЧ приборе.

Изучена литература, посвященная аналогичным магнитным фокусирующим системам [1] и магнитотвердым материалам [2].

Представлена конфигурация магнитной системы, ее составные части, требования к однородности магнитного поля в рабочем зазоре, предложены варианты улучшения однородности магнитного поля.

В программных комплексах Opera Vector Fields и COMSOL Multiphysics 5.0 проведен расчет математической модели [3, 4] магнитной фокусирующей системы, представлены результаты расчетов и графики магнитной индукции в рабочем зазоре.

Создан комплект необходимой конструкторской документации, включающий в себя сборочный чертеж, чертеж имитатора, спецификацию и всех элементов магнитной фокусирующей системы, необходимых для сборки и настройки экспериментального образца.

Выполнены измерения на специализированном стенде, включающим в себя комплекс для измерения продольной и радиальной составляющих магнитной индукции.

Проведена настройка магнитной фокусирующей системы для достижения необходимых требований однородности магнитного поля в рабочем зазоре.

Литература

1. **Мельников Ю.А.** Постоянные магниты электровакуумных СВЧ приборов. М.: Советское радио, 1967.
2. **Дормидонтов А.Г.** Материалы магнитотвердые спеченные на основе сплавов неодима с железом и бором: ТУ ООО Научно-производственный комплекс «Магниты и магнитные технологии», 2003.
3. **Курбатов П.А.** Математическое моделирование электромеханических систем электрических аппаратов: учеб. пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2007.
4. **Ковалев О.Ф.** Комбинированные методы моделирования магнитных полей в электромагнитных устройствах. Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2001.

А.Н. Косынин, студ.; рук. С.В. Осипкин, к.т.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ВИБРАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА

Главной задачей является расчет механической и электрической подсистем для вибрационного устройства, служащего для выращивания кристаллов методом направленной кристаллизации. Моделирование будет проводиться в современном программном комплексе MatLab Simulink.

Для ее решения необходимо составить макромодели [1]. Магнитная подсистема представляется более точной микромоделью с пространственно-временными распределенными параметрами, определенными с помощью численного анализа магнитного поля. Распространение теплоты в пространстве в исходной системе не рассматривается.

В данной задаче будет учитываться, что потокосцепление катушки создается не только собственным током, но и постоянными магнитами. Следовательно, результирующая сила, действующая на постоянный магнит, может возникнуть и при выключенном токе при взаимодействии постоянного магнита с ферромагнитными деталями магнитной системы.

Сила зависит от свойств постоянного магнита, тока в катушке электромагнита, положения подвижной части. Индуцируемая в катушке ЭДС определяется скоростью изменения потокосцепления с ней, которое в свою очередь также зависит от тока и положения постоянных магнитов. [2] Эти зависимости нелинейные, гистерезисные, так как при изменении тока и положения магнита непропорционально изменяется магнитный поток из-за нелинейных гистерезисных магнитных свойств материала сердечника и постоянных магнитов. Магнитопровод и полюса не находятся в состоянии глубокого насыщения, поэтому можно принять относительную магнитную проницаемость материала постоянной, намагниченность высококоэрцитивных постоянных магнитов практически неизменной, а также пренебречь влиянием вихревых токов в электропроводящих элементах конструкции, что упростит расчетные модели данного устройства.

Литература

1. **Годжелло А.Г., Розанов Ю.К.** Электрические и электронные аппараты. В 2 т. Т.1. Электромеханические аппараты. М.: Издательский центр «Академия», 2010.
2. **Курбатов П.А., Осипкин С.В.** Применение линейных электромеханических преобразователей для возбуждения колебаний в массивных конструкциях // Вестник МЭИ. 2003. № 4.

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

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ГАШЕНИЯ ДУГИ В КОНТАКТОРАХ С ДУГОГАСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ В ВИДЕ ФЕРРОМАГНИТНОЙ СКОБЫ

Данная работа посвящена анализу физических явлений, сопровождающих процесс гашения электрической дуги в конструкциях силовых контакторов с применением ферромагнитной скобы, и оценки области ожидаемого использования этих конструктивных решений. Существуют несколько конструкций дугогасительных систем: открытый разрыв — мостиковый контакт и дугогасительная решетка. Этим конструкциям посвящено множество публикаций. Последнее время появилась конструкция, про которую мало что известно и написано — дугогасительная система с применением магнитной скобы [3].

Главной особенностью данной дугогасительной системы является то, что дуга находится в устойчивом неподвижном состоянии в месте своего возникновения.

В данной конструкции дугогасительной системы есть магнитная скоба, которая за счет своих магнитных свойств создает силу взаимодействия между током и ферромагнитной массой и тем самым способствует усилению степени влияния диффузии зарядов из промежутка, а при попадании зарядов на поверхность магнитной скобы способствует их рекомбинации [1].

Дуга гасится за счет диффузии, а ограничивает диапазон использования данной дугогасительной системы влияние Пинч-эффекта [2].

Из-за разнонаправленности влияния тока отключения на интенсивность нарастания или убывания процессов ионизации и деионизации должен существовать предел эффективного использования дугогасительной системы типа ферромагнитной скобы, что дает повод для дальнейшего исследования как теоретически, так и экспериментально.

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.
3. **Буткевич Г.В.** Дуговые процессы при коммутации электрических цепей. М.: Энергия, 1973.

Ю.М. Кузьменко, студ.; рук. Е.П. Курбатова, асс. (НИУ «МЭИ»)

ДИНАМИКА РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОДВЕСА

В результате работы построена модель комбинированной магнитной опоры.

Проведен анализ литературы, посвященной постоянным магнитам, электрическим аппаратам, активным и пассивным магнитным подшипникам [1].

Показаны разновидности электромагнитных подвесов, рассмотрен принцип их действия, а также выявлены основные достоинства и недостатки [2].

Получены данные о работе комбинированной магнитной опоры, проведен сравнительный анализ полученной модели и экспериментальных данных.

В программном комплексе MatLab Simulink проведено моделирование электромагнитного подвеса, состоящего из двух постоянных магнитов и подшипника ВТСП [3].

Проведен расчет сил, влияющих на динамику системы: силы, действующие со стороны ВТСП подшипника и подшипников с постоянными магнитами. Математическая модель движения системы, представленная в работе, состоит из двух частей: поступательного движения центра масс (находящегося в геометрическом центре маховика) и вращательного движения вокруг осей x и y . Получены графики сил, возникающих в подвесе при внешних воздействиях.

Выполненная работа может быть полезна в связи с необходимостью учитывать динамику работы магнитного подвеса при проектировании подшипников с ВТСП и в случае необходимости вводить активные магнитные подшипники, позволяющие гасить нежелательные вибрации.

Литература

1. **Розанов Ю.К.** Электрические и электронные аппараты: учебник для вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2010.
2. **Журавлёв Ю.Н.** Активные магнитные подшипники. Теория, расчет, применение. СПб.: Политехника, 2003.
3. **Курбатов П.А.** Математическое моделирование электромеханических систем электрических аппаратов: учеб. пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2007.

Е.А. Кукин, асп.; рук. А.Г. Годжелло, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ВЕРИФИКАЦИЯ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В КОМПЛЕКСАХ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

В последнее время ведущие фирмы-производители уделяют большое внимание расширению функциональных возможностей электротехнических устройств с целью их интеграции в системы АСУЭ.

Новый многорежимный аппарат Acti9 iC60 Reflex производства компании Schneider Electric при отсутствии повреждения сети (КЗ) выполняет функции или контактора, или импульсного реле, а при КЗ или перегрузке реализует защиту как автоматический выключатель. Составление словесного описания его логики работы затруднительно, поэтому для исследования режимов и валидации соответствующей автоматной диаграммы [1] был собран экспериментальный стенд.

Использование подобных многофункциональных устройств требует наличия инструмента для верификации применяемых схемных решений.

Формальное описание логики работы аппаратных схем позволяет точно определить возможность выполнения функции аварии. Например, для одной из рассмотренных схем АВР авария ($A \& D = 1$) оказывается выполнимой, если схема реализует функцию

$$A \& D = X \& (\overline{X} \vee \overline{U}_y) \& U_z. \quad (1)$$

Применение алгебры логики может быть затруднено для систем с большим количеством элементов, ведь анализ на выполнимость должен быть проведен для каждого набора переменных. Кроме того, алгебра логики не учитывает последовательность происходящих во времени событий, вследствие чего не может быть применима к целому ряду задач по функциональной идентификации и верификации схемных решений [1].

Современные средства компьютерного моделирования позволяют разрабатывать интерактивные логические модели сложных комплексов взаимодействующих электрических аппаратов. Достоинством моделирования по сравнению с другими методами анализа является возможность имитировать аварийные режимы работы системы.

Верификация схемных решений посредством компьютерного моделирования позволит устранить человеческий фактор при решении задачи обеспечения структурной надежности комплексов аппаратов.

Литература

1. **Карпов Ю.Г.** Теория автоматов: учебник для вузов. СПб.: Питер, 2003. 208 с.

И.А. Левин, студ.; рук. Е.А. Кузнецова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ЯМР АНАЛИЗАТОРА

Современные технологии широко развиваются. Каждый день рождаются новые открытия, появляются изобретения, инструменты, которые должны способствовать развитию человека и улучшения качества его жизни. В процессе работы люди сталкиваются с проблемой анализа веществ и материалов.

Для решения проблем, связанных с анализом веществ, применяется устройство, которое основывается на явлении ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Данное изобретение имеет широкий спектр функций, одним из важных качеств является возможность осуществления неразрушающего метода контроля химического состава.

Основным узлом ЯМР анализатора является магнитная система, предназначенная для создания магнитного поля с определенным уровнем интенсивности и однородности в заданной области.

Целью данной работы было составить проект технического задания на разработку миниатюрной магнитной системы ЯМР анализатора. Устройство позволяет проводить исследования релаксации протонов и диффузии, самодиффузии молекул в различных материалах. Благодаря этому можно провести оценку содержания воды и масла в анализируемой пробе, проверить качество и состав веществ на соответствие со стандартами и ГОСТ. Значимым достоинством данного анализатора являются его компактность и возможность использования персоналом без высокой квалификации [1].

В ходе работы выполнен обзор литературных источников, изучены типовые конструкции магнитных систем и проведен анализ их технических характеристик. Далее было проведено моделирование магнитной системы миниатюрного ЯМР анализатора с использованием программного обеспечения для численного анализа магнитных полей. Проведен расчет и построены графики распределения напряженности магнитного поля в зоне исследуемого объекта.

Литература

1. **Dirk Oligschlger.** A Miniaturized NMR-MOUSE with a High Magnetic Field Gradient (Mini-MOUSE). Springer-Verlag Wien, 2014.

ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРЫ

Существует ряд объектов, где использование традиционных генераторов вращающегося типа либо невозможно, либо требует установки механического преобразователя возвратно-поступательного движения во вращательное, что приводит к нерациональности использования этих генераторов. В таких случаях выгодно использование линейных генераторов (ЛГ). В работе проведен аналитический обзор [1;2] существующих конструкций, что позволяет выявить наиболее удачные решения в проектировании и эксплуатации ЛГ, а также перспективы развития и оптимизации современных ЛГ.

Было проведено моделирование конструкции ЛГ в пакете COMSOL Multiphysics для анализа протекающих физических процессов (рис. 1), приведены основные параметры и характеристики (табл. 1).

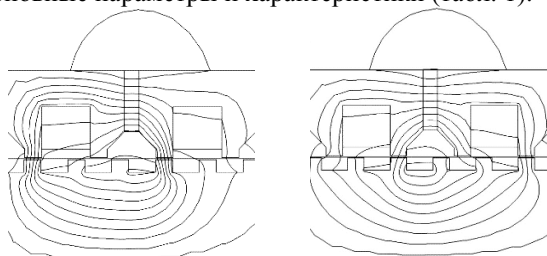


Рис. 1. Распределение потока в двух типичных положениях ЛГ

Таблица 1

Полученные характеристики ЛГ

Плотность тока [A/mm^2]	2
Индукция в зазоре [Тл]	1.2
Развиваемая сила [Н]	750
Сила, приходящаяся на объем магнитов [$мкН/м^3$]	0,34
Коэффициент объема силы [$кН/м^3$]	85

Исследования в этой области являются актуальными в связи с возросшей возможностью использования ЛГ за счет повышения энергетических показателей, связанных с развитием электроники и электротехники.

Литература

1. Wenlong Li, Chau K.T., Jiang J.Z. Application of Linear Magnetic Gears for Pseudo-Direct-Drive Oceanic Wave Energy Harvesting.

2. Кеарис А.А., Духанин В.И. Линейный генератор с двигателем внутреннего сгорания со свободным поршнем. М.: МАМИ.

Е.М. Марамзин, студ.; рук. Ю.К. Розанов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

КОМПЕНСАЦИЯ НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ В ТРЕХФАЗНЫХ СЕТЯХ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Данная работа посвящена исследованию характеристик и разработке методики расчета многофункционального устройства повышения качества электроэнергии.

Одним из способов повышения качества электроэнергии является устранение несимметрии напряжений. Несимметрия напряжений характеризуется двумя показателями: коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности; коэффициентом несимметрии напряжений по нулевой последовательности [1].

Напряжение нулевой последовательности возникает в сетях низких напряжений с нейтральным проводником при существенно несимметричных нагрузках, а также в сетях напряжением до 35 кВ с незаземленной нейтралью (или заземленной через заземляющий реактор) при замыканиях на землю. Ток в нейтральном проводнике, равный трехкратному току нулевой последовательности, существенно увеличивает нагрузку нулевого провода и приводит к повышенным потерям мощности в сети и значительным снижениям напряжений [2].

Для компенсации нулевой последовательности в трехфазных сетях низкого напряжения используют трехфазный преобразователь напряжения на IGBT-транзисторах, подключенный к сети переменного тока через фильтрующие дроссели [3]. В данной работе было выполнено моделирование силового электронного преобразователя напряжения как устройства симметрирования токов.

Полученные имитационные модели позволяют изучить принцип действия рассматриваемого устройства при реализации различных функций и соответствующие алгоритмы управления на базе широтно-импульсной модуляции. Имитационные модели были созданы в приложении Simulink программы MatLab.

Литература

1. **ГОСТ 13109—97.** Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. **Бурман А.П., Розанов Ю.К., Шакарян Ю.Г.** Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем: учебное пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2012.
3. **Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В., Кваснюк А.А.** Силовая электроника: учебник для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2007.

Д.Ю. Морозова, асп.; рук. М.С. Сайкин, к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА СИЛЫ ПОДВЕСА ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА МАГНИТОЖИДКОСТНОГО ДАТЧИКА УГЛА НАКЛОНА

На чувствительный элемент магнитожидкостного датчика угла наклона (МЖДУН) действуют две силы: тяжести и подвеса. Сила подвеса действует со стороны магнитной жидкости (МЖ) и способствует левитации чувствительного элемента в ней. Если сила подвеса превышает силу тяжести, то чувствительный элемент занимает положение, близкое к оси симметрии датчика.

Математическая модель для определения силы подвеса чувствительного элемента в МЖ основана на расчете магнитной индукции в объеме, ограниченном корпусом датчика [1]. Для определения магнитной индукции использовалось конечно-элементное моделирование, реализованное в программах FEMM и ELCUT.

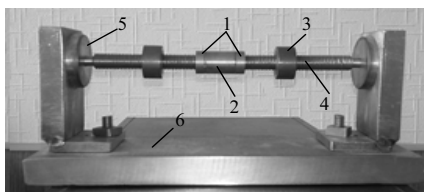


Рис. 1. Экспериментальный стенд

С целью проверки результатов расчета магнитной индукции был разработан и изготовлен экспериментальный стенд (рис.1), представляющий собой физическую модель магнитной цепи МЖДУН. Стенд содержит чувствительный элемент датчика, состоящий из двух постоянных магнитов 1 и магнитопроводной втулки 2. Чувствительный элемент расположен между магнитами, установленными в крышках 3, которые закреплены на немагнитопроводном стержне 4. Фиксация магнитопровода МЖДУН обеспечивается дополнительными крышками 5 и платформой 6.

Измерения магнитной индукции проводились с помощью тесламетра универсального 43205/1. Относительная погрешность расчетных и экспериментальных результатов значений магнитной индукции составила не более 30 %.

Литература

1. Морозова Д.Ю., Сайкин М.С. Расчетное определение силы подвеса чувствительного элемента магнитожидкостного датчика угла наклона // Сборн. науч. трудов по материалам 16-й Междунар. Плесской науч. конф. по нанодисперсным магнитным жидкостям 9—12 сентября 2014 г. ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2014.

П.В. Мурзакаев, асп., рук. А.Г. Годжелмо, к.т.н, проф. (НИУ «МЭИ»)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Традиционно управление низковольтным автоматическим выключателем (АВ) осуществляется вручную или с помощью дополнительных аксессуаров, таких как мотор-редуктор и т.д. Современные АВ имеют широкие функциональные способности. Автоматический выключатель iC60 Reflex производства Schneider Electric имеет возможность управления как при помощи рукоятки, так и встроенного механизма импульсного управления по управляющим цифровым входам [1].

Особенности работы iC60 Reflex, нехарактерные для привычных всем АВ, требуют соответствующей компетенции проектировщиков и служб эксплуатации для успешного их применения в различных схемных решениях (управление освещением, автоматический ввод резерва и т.д.).

Применение теории детерминированных конечных аппаратов (ДКА) как элемента дискретной математики позволяет выработать удобный подход к изучению как работы отдельного ЭА, так и комплекса взаимодействующих ЭА. Современные инструменты моделирования, основанные на базе языков программирования, позволяют реализовать ДКА и их взаимодействие [2].

Наличие инструмента для быстрого и удобного изучения работы как отдельного устройства, так и комплекса взаимодействующих электрических аппаратов (ЭА) становится особенно важным. Таким инструментом может быть модель рассматриваемых ЭА и аппаратных комплексов. Она позволит подробно изучить и определить критические события в любой системе до ее реального создания.

Дальнейшим развитием инструментов для изучения работы ЭА и аппаратных комплексов может служить экспертная система (ЭС), построенная на базе формализованных моделей.

Применение ЭС на базе модели позволит упростить изучение устройств и аппаратных комплексов для обслуживающего персонала, сократит вероятность ошибок при проектировании и пусконаладочных работах, сможет служить системой поддержки принятия решения в случае оперативных или аварийных переключениях.

Литература

1. **Техническое** руководство «Умный щит от Schneider Electric».
2. **Карпов Ю.Г.** Теория автоматов: учебник для вузов. СПб.: Питер, 2003. 208 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ШИНОПРОВОДОВ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Объем потребления электроэнергии в мире удваивается каждые 20 лет. Для распределения и передачи большого количества мощности требуются соответственно большие проводники в большом количестве.

По сравнению с кабельными системами шинопроводы имеют ряд преимуществ. Шинопроводы позволяют обеспечить бесперебойное питание потребителей и меньшую вероятность возникновения аварийных ситуаций [1].

В данной работе были исследованы шинопроводные системы, проведен сравнительный обзор шинопроводов различных производителей, сопоставлены кабельная и шинопроводная системы, были проведены сравнительные расчеты падения напряжения и стойкости проводников к токам короткого замыкания.

При проектировании системы электроснабжения объектов со стесненными условиями размещения проводников габариты проектного решения могут стать определяющим фактором при выборе его типа и производителя. Исследования показали, что габариты кабельной системы превышают габариты шинопроводной. Проверочные расчеты нескольких шинопроводов и кабелей на 1600 А для линии длиной 50 м показали, что шинопроводные системы обеспечивают значение падения напряжения почти на четверть ниже, чем падение напряжения в кабельных системах.

Проводник должен быть способен выдерживать ток короткого замыкания на время аварии для того, чтобы обеспечить необходимое время для срабатывания защитных устройств, прерывания контура и гашения электрической дуги [2]. В соответствии с предъявляемыми к проводникам требованиями в данной работе было проведено исследование термической стойкости проводников.

В ходе работы были выявлены недостатки и достоинства проектных решений на основе шинопроводных и кабельных систем. Проведенные исследования позволили убедиться в предпочтительности применения шинопроводных систем, которые в сравнении с кабельными обеспечивают большую безопасность и надежность в непрерывной передаче электрической энергии к потребителям.

Литература

1. **Современные** шинопроводы / С. Воронин, Н. Курочкин, А. Матанцев, С. Мокринский. М.: Энергия, 2011.

2. **Зевакин А.И., Лигерман И.И.** Шинопроводы в электрических сетях промышленных предприятий. М.: Энергия, 1979.

ПРИНЦИП ТОКООГРАНИЧЕНИЯ В АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯХ КОРПУСНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

Эффект токоограничения в автоматических выключателях (АВ) достигается за счет особого строения контактной и токоведущей систем. В АВ с токоограничением особые требования предъявляются к быстрдействию и динамике размыкания контактов.[1] Чтобы ограничить ток КЗ необходимо максимально быстро зажечь дугу между контактами.

Корпусные АВ в отличие от модульных имеют сложное строение, поэтому улучшение защитных характеристик в них достигается в основном за счет создания специальных конструкций контактных систем и привода. Каждая из таких конструкций имеет свои нюансы и особенности, но общий принцип работы всех этих систем одинаков. Он основан на размыкании контактов АВ до момента срабатывания электромагнитного расцепителя. Это достигается за счет явления сил отталкивания в контактах (сил Двайта) и за счет электромагнитной силы, возникающей при встречно-параллельном протекании тока.

Основной проблемой в корпусных АВ является обеспечение условий

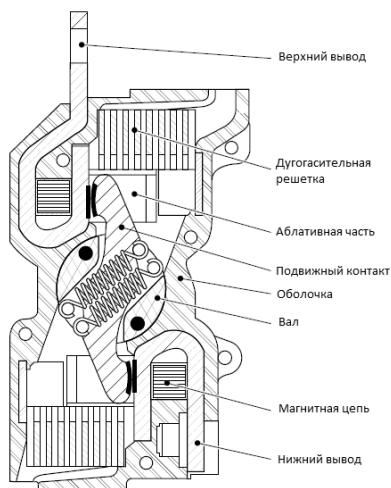


Рис. 1. Пример конструкции силового полюса корпусного АВ

раннего выхода дуги из контактного промежутка после размыкания контактов, которое осуществляется под действием сил электромагнитного воздействия токоведущего контура на дугу и сил сужения в точке контактирования. Именно поэтому вопросы расчета и моделирования магнитного поля в современных корпусных АВ являются приоритетными, а проблема решения этих вопросов объясняется сложностью реальной конструкции контактной системы аппарата. Кроме того, обязательным является изучение процесса вхождения дуги в дугогасительную решетку и оценка необходимых сил взаимодействия с учетом параметров решетки.

Литература

1. Хольм Р. Электрические контакты: пер. с англ. М.: Наука, 1961.

В.В. Рыжов, студ.; рук. П.А. Дергачёв, к.т.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

МОДЕЛИРОВАНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОГО ВИБРАЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В настоящее время существует проблема, которая связана с созданием низкочастотных виброакустических преобразователей для гашения вибраций, возбуждаемых работой машин и механизмов морских объектов, и рассчитанных на большие усилия.

Целью данной работы являлось техническое проектирование низкочастотного электромагнитного преобразователя компенсирующего источника, предназначенного для использования в системах активного гашения (САГ). Развиваемое усилие должно быть не менее 160 Н в частотном диапазоне от 6 до 10 Гц.

В работе были проанализированы источники литературы по моделированию низкочастотных вибраторов, на основе которых были выбраны и построены электромагнитная, механическая и полная модели системы, а также модель пружины [1]. Была разработана мягкая пружина с низким коэффициентом упругости, способная работать на больших перемещениях и выдерживать большую массу, при этом с высокой линейностью (во время работы практически не создает нежелательные побочные гармоники). Разработана полная модель для расчета всей системы, в которой электрическая, магнитная и механическая подсистемы связаны между собой через коэффициенты электромеханической связи [2].

Создание современных конкурентоспособных конструкций магнито-электрических приводов стало возможно после появления постоянных магнитов с большой коэрцитивной силой и энергией, что обеспечивает высокое удельное значение коэффициента электромеханической связи и, как следствие, высокий КПД. Для моделирования использовалось современное апробированное программное обеспечение COMSOL Multiphysics, которое использует метод конечных элементов и позволяет решать задачи из различных областей. В частности, для выполнения данной работы оказалось достаточно возможностей COMSOL Multiphysics, и все моделирование происходило в единой среде.

Литература

1. **Ion Boldea** Linear Electric Machines, Drives, and MAGLEVs Handbook. 2013, 660 pages.
2. **Курбатов П.А.** Основы теории электрических аппаратов. М.: Издательство «Лань», 2015. 592 с.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА ПО УПРАВЛЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

В настоящее время на промышленных предприятиях происходит усовершенствование технологических процессов не только путем замены основного технологического оборудования, но и изменения уровня автоматизации, что обусловлено новыми требованиями по промышленной безопасности. Решение задачи достигается путем полной или частичной автоматизации в зависимости от существующего технологического процесса и наличия исполнительных механизмов. Автоматизация технологических процессов снижает риск возникновения аварий на предприятии, повышает производительность, сводит на минимум человеческий фактор.

В работе рассмотрены основные принципы автоматизации, учитывающие необходимый уровень безопасности технологического процесса. На основании данных, полученных от заказчика, были выбраны необходимые датчики, контроллер, а также посчитано общее количество аналоговых и дискретных сигналов с учетом необходимости применения искробезопасных цепей [1].

Основываясь на исходных данных, были разработаны: чертежи размещения оборудования в шкафах управления; электрические принципиальные схемы; алгоритм управления технологическим процессом, опираясь на который разработана и создана программа управления для контроллера фирмы Honeywell серии MasterLogic [2]. Выбор контроллера был обоснован как экономическими параметрами, так и наличием фиксированного цикла опроса всех входных и выходных параметров с соблюдением строго порядка выполнения алгоритмических блоков.

Также были разработаны «мнемосхемы» для удобного контроля за происходящими процессами в режиме «реального» времени.

Программа управления для контроллера серии MasterLogic фирмы Honeywell была написана на специализированном программном обеспечении SoftMaster.

Литература

1. **ГОСТ** 8.437—81. ГСИ. Системы информационно-измерительные. Метрологическое обеспечение. Основные положения.
2. **Программируемый** Логический Контроллер MasterLogic. [Электронный ресурс]. URL: www.honeywell.com.

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

ВЫБОР СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ КЛЮЧАМИ ИНВЕРТОРА ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С ЕМКОСТНЫМ НАКОПИТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ

Установка, предназначенная для испытания автоматических выключателей на коммутационную стойкость и рассмотренная в [1], обладает существенными преимуществами по сравнению с традиционной схемой «ударный генератор — понижающий ударный трансформатор» прежде всего значительно меньшей стоимостью, высоким значением удельной энергоемкости накопителя, нетребовательностью в обслуживании.

Однако без принятия специальных мер выходное напряжение установки не удовлетворяет существующим нормам. Были рассмотрены два типа выходного фильтра инвертора, из результатов моделирования установлено, что применение комбинированного полосового и режекторного фильтра позволяет достичь требуемого коэффициента гармоник, но вызывает увеличение стоимости устройства, так как фильтр должен подавлять, по крайней мере, третью и пятую гармоники. Кроме того, данный фильтр требует точной настройки, как любая резонансная схема, а в случае перегрузки инвертора вероятен пробой конденсаторов последовательной ветви, так как напряжение на элементах данной ветви пропорционально выходному току инвертора.

С целью упрощения конструкции выходного фильтра были рассмотрены различные способы управления ключами, такие как амплитудно-импульсная модуляция (АИМ) и комбинированная амплитудно-широтно-импульсная модуляция [2].

Применение комбинированной модуляции позволяет добиться улучшения формы выходного напряжения, в результате чего становится возможным применить выходной фильтр упрощенной конструкции.

Литература

1. **Церковский Ю.Б.** Анализ электромагнитных процессов в испытательных установках с емкостным накопителем энергии: дис.... магистра. М., 2014.
2. **Гармонический** анализ и синтез полупроводниковых преобразователей с импульсно-модуляционным управлением / Б.Ф. Дмитриев и др. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 324 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ ПОТОКОВ МОЩНОСТИ ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

Мировая фотоэнергетика является бурно развивающейся отраслью. Так, согласно [1] суммарная установленная мощность систем с фотоэлектрическими преобразователями составляет 177 ГВт, из них 38,7 ГВт было установлено в 2014 году. При этом установленная мощность систем работающих сетью за последние пять лет составляет более 95 % суммарной установленной мощности систем с ФЭП [2].

Для согласования выходных параметров ФЭП с нагрузкой переменного или постоянного тока используются регуляторы потоков мощности на основе полностью управляемых полупроводниковых ключей. Применение новых материалов, таких как карбид кремния (SiC) и нитрид галлия (GaN), позволяет снизить потери в полупроводниковых ключах, что в свою очередь позволяет изготавливать более компактные устройства на их основе. Малые потери в полупроводниковых ключах позволяют также повысить эффективность преобразования энергии от ФЭП [3].

В работе проведен обзор существующих схем регуляторов потоков мощности для систем электроснабжения с ФЭП, разработаны математические модели регулятора потоков мощности для систем с ФЭП.

Используя программный комплекс MatLab Simulink, разработаны компьютерные модели регуляторов потоков мощности. Проведен анализ энергетических характеристик для регуляторов потоков мощности на компьютерных моделях и анализ алгоритмов управления регуляторами потоков мощности для систем с ФЭП.

Литература

1. **International** Energy Agency. IEA-PVPS Task 1 - A Snapshot of Global PV Markets 2014, http://www.ia-pvps.org/index.php?id=92&eID=dam_frontend_push&docID=2430.

2. **International** Energy Agency. IEA PVPS TRENDS 2014 IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS, http://www.ia-pvps.org/index.php?id=92&eID=dam_frontend_push&docID=2150.

3. **Grid-Connected** Photovoltaic Systems: An Overview of Recent Research and Emerging PV Converter Technology, in Industrial Electronics Magazine / S. Kouro, J.I. Leon; D. Vinnikov, L.G. Franquelo //IEEE. March 2015. Vol. 9. No 1. P. 47—61.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОКООГРАНИЧЕНИЯ

Способность автоматического выключателя ограничивать ток можно представить с помощью характеристики токоограничения, понимаемой как зависимость ограниченного тока от начальной периодической составляющей ожидаемого тока. На ход этой характеристики влияют параметры цепи и конструктивные параметры выключателя.

Ход характеристики токоограничения в значительной мере зависит от момента возникновения короткого замыкания. С увеличением тока увеличивается способность выключателя ограничивать ток, так как с ростом тока отключения растет крутизна напряжения на дуге [1]. При этом увеличение относительной крутизны напряжения на дуге ведет к уменьшению ограниченного тока. В свою очередь рост относительной крутизны напряжения на дуге зависит от скорости вытягивания дуги и интенсивности ее охлаждения.

При больших токах отключения скорость вытягивания дуги зависит главным образом от действующих на дугу пропорциональных току сил электромагнитного выдувания. Эти силы являются причиной уменьшения времени пребывания дуги в месте зажигания и вызывают петлевое выгибание дуги. Вытягивание дуги в то же время меньше зависит от скорости расхождения контактов. Рост скорости вытягивания дуги под влиянием сил электромагнитного поля по мере увеличения тока, кроме того, приводит к увеличению интенсивности ее охлаждения перед входом в дугогасительное устройство, а также к уменьшению времени до момента входа в него.

Следующей причиной увеличения ограничивающей способности выключателя по мере увеличения тока является уменьшение времени, при котором начинается токоограничение [1].

У выключателя на 250 А при отключении тока 10 кА токоограничение наступает через 1,1 мс, в то время как при токе 35 кА — уже через 0,3 мс.

Способность токоограничения увеличивается также с понижением коммутационного напряжения. Причиной этого является обратно пропорциональная зависимость относительной крутизны напряжения на дуге от напряжения источника. Это очень существенное свойство, отличающее токо-ограничивающие выключатели от классических, отключающая способность которых лишь незначительно зависит от коммутационного напряжения.

Литература

1. Дзежбицки С., Вальчук Е. Токоограничивающие выключатели переменного тока: пер. с пол. Л.: Энергоиздат, 1982. 116 с.

РАЗРАБОТКА ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДУГОГАСИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ КОНТАКТОРОВ

Объектом исследования данной работы выбран контактор постоянного тока КПВ-603.

При разработке контактора, а именно его контактно-дугогасительного устройства (КДУ), следует рассчитать его отключающую способность, на которой и будет держаться качество гашения дуги.

Проведен анализ математических моделей ДУ постоянного тока как статических, так и динамических [1].

Статическая математическая модель КДУ в отличие от динамической имеет свои особенности: все основные процессы в нем не рассматриваются как функция времени. Поэтому динамическая модель с учетом газокинетических процессов в большей степени отражает сущность физических явлений, протекающих в КДУ.

Рассматривается процесс отключения электрической цепи контактором КПВ-603 с щелевой камерой (рис. 1). Для этого процесс разбивается на три этапа: *первый этап* представляет собой промежуток времени от момента трогания подвижной контактной системы на отключение ($t = 0$) до момента схода дуги с контактов t_1 ; *второй этап* — это время от момента t_1 до момента снижения тока в дуге ниже минимального тока дугообразования t_2 ; *третий этап* — это время от момента t_2 до момента полного восстановления диэлектрических свойств промежутка в КДУ t_3 .

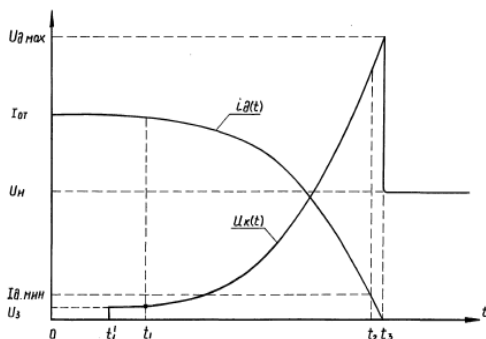


Рис. 1. Кривые изменения тока в дуге и напряжения на межконтактном промежутке при отключении цепи постоянного тока

Основная цель работы заключается в том, чтобы получить оптимальные (минимальные) размеры ДУ при минимальном энерговыделении, допустимом уровне перенапряжений в сети и допустимой температуре в дугогасительной камере [2].

Литература

1. **Электрические** и электронные аппараты. В 2 т. Т. 1. Электромеханические аппараты: учебник для вузов / Е.Г. Акимов и др. М.: Издательский центр «Академия», 2010.
2. **Акимов Е.Г., Попова Е.П.** САПР контакторов / под ред. Г.Г. Нестерова. М.: Издательство МЭИ, 1993.

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 А.Н. Голубев, д.т.н., проф.;

В.А. Мартынов, д.т.н., проф. (ИГЭУ, г. Иваново)

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ СИНХРОННЫМ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ, СНИЖАЮЩИМ УРОВЕНЬ ВИБРАЦИЙ И ШУМОВ

В последние десятилетия электроприводы на основе синхронных двигателей с постоянными магнитами получили широкое распространение. В настоящее время к технико-экономическим показателям таких приводов предъявляются все более жесткие требования, в том числе требование к его виброшумовым характеристикам. Исследования показывают, что основной уровень магнитных шумов двигателя определяет радиальная составляющая электромагнитной силы, действующей на зубцы статора [1].

Как известно, радиальная сила F_r , действующая на зубец статора, может быть определена по формуле

$$F_r = \frac{\Phi_Z^2}{2\mu_0 S_Z}, \quad (1)$$

где Φ_Z — радиальный магнитный поток зубца; S_Z — площадь зубца.

Как показали исследования, насыщение магнитной цепи статора обусловлено в основном действием постоянных магнитов ротора. Следовательно, магнитные потоки зубцов можно представить в виде суммы потоков от постоянных магнитов, найденных предварительно в режиме холостого хода с учетом насыщения стали, и потоков, обусловленных действием статорной обмотки, величина которых зависит от значений и формы фазных токов. В работе предложен алгоритм, позволяющий получить форму фазных токов многофазной обмотки, существенно снижающую пульсации радиальных сил, действующих на зубцы статора.

Расчеты показали, что полностью устранить пульсации радиальной силы посредством системы управления не представляется возможным. Однако предложенный алгоритм позволяет получить формы фазных токов, приближающих кривую радиальных сил, действующих на зубцы, к трапецеидальной, что улучшает виброшумовые характеристики данного электропривода.

Литература

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

Е.С. Багаев, студ.; рук. Ю.М. Сафонов, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ «УМНЫМ ДОМОМ»

Любая система типа «Умный дом» вне зависимости от комплектации, стоимости и предполагаемого места размещения представляет собой совокупность разного рода систем: следящих, фиксирующих, считывающих данные и многих других.

Для того чтобы связать эти системы в одну высокотехнологическую многофункциональную сеть и наладить взаимодействие между ними, предназначена самая важная и самая сложная часть «Умного дома» — центральный процессор.

Одним из наиболее перспективных направлений в сфере усовершенствования электронного мозга «Умных домов» является разработка нейронных сетей, внедрение которых в систему позволило бы многократно повысить ее быстродействие, а также наделило бы ее способностью к самообучению. Обучаемость нейронной сети в составе «Умных домов» позволит сделать огромный шаг вперед, став еще более удобными и совершенными.

Интеллектуальная система управления «Умного дома» будет выполняться на базе программируемого логического контроллера, модулей ввода/вывода и различных датчиков, обеспечивающих управление системой на основе нейронных сетей. Это позволит эффективно управлять световым оборудованием, кондиционированием и вентиляцией, отопительным оборудованием, охранной сигнализацией и другими системами домашнего комфорта и безопасности, обучаясь в процессе работы, и принимать те или иные решения, применяя накопленный опыт.

«Умных домов» в России пока немного, этот рынок в нашей стране только формируется. Но, несомненно, данное направление очень перспективно, так как позволяет заметно сократить расходы на содержание дома за счет сокращения энергопотребления. Одна из главных задач в данной работе — реализовать относительно недорогую систему управления, включающую в себя самый необходимый набор функций «Умного дома».

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТАБЛИЧНОГО РАСЧЕТА МАТЕМАТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Стремительное развитие цифровых систем управления привело к необходимости расчета в них сложных математических функций [1]. Для нахождения значений функций наиболее часто используют ее представление в виде ряда. Такое решение позволяет получить высокую точность, но требует значительных вычислительных ресурсов.

Часто сложный расчет функций с ограниченным аргументом заменяют расчетом по заранее составленной таблице. Для уменьшения размеров таблицы при сохранении разрешения используют интерполяцию. Классическим является пример табличного расчета гладких гармонических функций — синуса и косинуса.

В расчетах системы управления электропривода часто требуется проводить расчет квадратного корня, например при реализации алгоритмов ограничения вектора напряжения. Расчет системы управления обычно проводится в базовых единицах, и входной аргумент функции может изменяться от 0 до 1. В работе предлагается вычислять квадратный корень таблично. Показано, что интерполяция вблизи нуля ограничивает точность вычисления функции, но она достаточна для корректной реализации ограничения вектора напряжения.

По результатам исследований был разработан универсальный модуль для конвейерного табличного расчета функций с интерполяцией на базе ПЛИС [2]. Задаются размеры таблицы, ее значения, параметры интерполяции. По результатам сравнительного анализа время расчета значения функции с точностью 17 бит из аргумента, заданного с точностью 17 бит сократилось с 170 нс (при использовании рядов) до 80 нс. За счет табличного расчета корня удалось уменьшить время вычисления всех алгоритмов контура тока с 430 до 340 нс. Кроме того, существенно уменьшилось и количество требуемых вычислительных ресурсов.

Литература

1. **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.
2. **System** on Chip in modern motion control systems. 56th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University, October 14, 2015 / L. Rassudov, A. Anuchin, F. Briz, I. Gulyaev // IEEE, 2015.

*М.Ю. Василенко, А.А. Кузнецова, студенты;
рук. С.Н. Решетняк, к.т.н., доц. (НИТУ «МИСиС»)*

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ МАШИН

Все потребители электрической энергии, располагающиеся в подземных горных выработках, и участвующие в добыче полезного ископаемого подземным способом являются достаточно энергоемкими. Контроль потребления электрической энергии подземными потребителями в лучшем случае ведется на фидерных ячейках подстанции, контроль энергоэффективных режимов работы систем электроприводов горных машин не ведется совсем. Это утверждение позволило создать универсальную автоматизированную информационно-измерительную систему технического учета электроэнергии для подземных горных работ [1]. Представленная система позволяет вести мониторинг работы системы электропривода основного оборудования конечного потребителя с представлением информации на поверхность. В результате имеется возможность оперативно реагировать на изменение режимов работы горной машины, планировать электропотребление конкретным участком, снизить простой оборудования и тем самым минимизировать удельное потребление электрической энергии.

Кроме того, представленная система позволяет оценить работу электропривода путем введения в систему электропривода энергоэффективного резонансного режима работы, представленного в работе [2]. Под подземным горным потребителем, имеющим возможность работы в режиме контролируемого резонанса, следует понимать проходческий комбайн со стреловидным исполнительным органом. Использование данного режима позволит снизить удельное электропотребление на разрушение горного массива и себестоимость производимой продукции.

Литература

1. **Кубрин С.С., Решетняк С.Н.** Автоматизированная информационно-измерительная система технического учета электроэнергии для подземных горных работ // Горный информационный аналитический бюллетень. 2014. № 11. М.: Издательство «Горная книга», 2014. С. 337—341с.
2. **Фашиленко В.Н., Решетняк С.Н.** Мониторинг энергоэффективных режимов работы электромеханических систем подземных горных машин // Электрика. 2014. № 10. С. 25—28.

*И.М. Волков, студ.; рук-ли Л.Н. Рассудов, асс.; С.В. Волков, инж.
(НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА СКОРОСТНОГО ИНТЕРФЕЙСА СВЯЗИ ДЛЯ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Использование высокоскоростного цифрового протокола обмена данными становится все более актуальным в современном электроприводе. Важным аспектом является обеспечение синхронизации нескольких сервоприводов при работе в составе многокоординатной системы.

Решения, основанные на промышленной сети CAN и интерфейса CANopen, находят все более широкое применение за счет:

- 1) широкой распространенности технологии;
- 2) возможности работы в режиме жесткого реального времени;
- 3) скорости передачи данных до 1 Мбит/с;
- 4) простоты реализации;
- 5) помехоустойчивости;
- 6) системы контроля ошибок.

Поддержка устройством стандартной спецификации высокого уровня означает легкость в настройке и интеграции в систему, что существенно повышает конкурентоспособность такого устройства [1].

Целью настоящей работы является реализация профиля высокого уровня CANopen DSP 402 «Профиль устройств типа преобразователей частоты и контроллеров движения» [2] на базе блока управления сервопривода ЦСУ комплектного электропривода серии ЭЛК [3]. Профиль основан на базе открытой спецификации, предоставленной некоммерческой организацией «CAN in Automation» и дает возможность одновременного управления несколькими осями движения в реальном времени.

Литература

1. Pfeiffer O., Ayre A., Keydel C. Embedded Networking with CAN and CANopen. Copperhill Media, 2008.
2. <http://www.can-cia.org/> CiA402-1 version 3.0
3. Калиброванное управление силой вентильного двигателя / Л.Н. Рассудов, А.П. Балковой, Г.А. Сливинская и др. // Электротехника. 2015. Т. 2. № 2.

К.М. Галочкин, студ.; рук. М.Г. Тяпкин, к.т.н., асс. (НИУ «МЭИ»)

УПРАВЛЕНИЕ ПЛАНАРНЫМ ВЕНТИЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С УЧЕТОМ ПОТЕРЬ В СТАЛИ

Промышленные технологии производства полупроводниковых компонентов и тестирования микросхем предполагают применение систем электрического привода высокой производительности и точности движения рабочих органов в плоскости. В подобных применениях может использоваться планарный линейный шаговый двигатель (ПЛШД) со встроенной системой измерения положения якоря, известный как планарный вентильный двигатель (ПВД) [1]. ПЛШД — гибридный шаговый двигатель, он включает в себя подвижный якорь с электрическими обмотками и постоянными магнитами и пассивный статор из магнито-мягкого материала с двухмерным массивом зубцов с периодом 0,64...1 мм [1,2]. Технологически приходится изготавливать статор нешлифованным, что приводит к возникновению значительных вихревых токов при движении якоря [2]. Вихревые токи служат причиной «потерь в стали», вызывающих нагрев и деформацию статора и, как результат, уменьшение точности отработки заданного положения электропривода. Кроме того, вихревые токи, взаимодействуя с магнитами якоря, создают силу сопротивления, эквивалентную вязкому трению, которая значительно уменьшает динамику электропривода.

На кафедре АЭП НИУ «МЭИ» совместно с фирмой HIWIN ведется разработка прецизионного электропривода на основе ПВД, одной из задач которой является увеличение диапазона рабочих скоростей до 2 м/с [1]. Уменьшение влияния вихревых токов при работе таких двигателей является актуальной задачей. Одним из способов ее решения является управление двигателем с ослаблением поля [3]. Для реализации решения требуется:

- построить модель ПВД с учетом «потерь в стали»;
- разработать методику идентификации ее параметров по измерениям;
- создать алгоритм управления с ослаблением поля, обеспечивающий минимум потерь.

Разработанные в ходе исследования методы будут испытаны на реальном планарном двигателе LMSX2C фирмы HIWIN.

Литература

1. **Тяпкин М.Г.** Исследование и разработка прецизионного планарного электропривода: дис... канд. техн. наук. М., 2013.
2. **Quaid A.E.** A Planar Robot for High-Performance Manipulation // Technical report, Carnegie Mellon University, the Robotics Institute, 2000.
3. **Makoto Yoneda, Hideo Dohmeki.** Wide range drive of hybrid stepping motor with flux-weakening control // Electrical Engineering in Japan. 2011. Vol. 174.

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

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ УЧЕБНОГО КУРСА «СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ»

На сегодняшний день в НИУ «МЭИ» достаточно остро встает вопрос о модернизации и оснащении лабораторных стендов. Развитие оборудования не стоит на месте, а своевременное обновление требует колоссальных затрат. Наличие вычислительных средств позволяет найти выход из сложившейся ситуации.

С помощью языков высокого уровня осуществляется разработка цифровых моделей, посредством которых можно проводить имитацию процессов в электроприводе в режиме реального времени.

На данный момент разработаны модели для двигателя постоянного тока, синхронного и асинхронного двигателей. Таким образом, в рамках курса «Системы управления электроприводов» студенты смогут изучить и реализовать различные способы регулирования, скалярное и векторное управления, получить графики изменения величин и т.д.

Не менее перспективной в эксплуатации является вентильно-индукторная машина. Это связано с рядом ее достоинств. Выделим некоторые из них: простота конструкции, достаточно низкая стоимость, широкий диапазон регулирования скорости, отсутствие потерь в роторе и т.д. Вентильно-индукторный привод на основе данной машины хорошо подходит для реализации и имеет широкую область применения как в бытовой, так и промышленной сферах [1].

Для разработки цифровой модели данного двигателя взята математическая модель локально насыщенной машины [2]. Это позволяет упростить используемые при программировании уравнения и сократить время расчетов. Полученная модель позволит студентам проектировать и тестировать различные системы управления на ее основе.

Литература

1. **Бычков М. Г.** Основы теории, управление и проектирование вентильно-индукторного привода. М.: Издательский дом МЭИ, 1999.
2. **Анучин А.С.** Системы управления электроприводов: учебник для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2015.

П.В. Двоеглазов, студ.; рук. В.Ф. Козаченко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МНОГОМОДУЛЬНЫЙ ИНВЕРТОР ТОКА ДЛЯ ПИТАНИЯ МОТОР-КОЛЕСА ЭЛЕКТРОВЕЛОСИПЕДА НА БАЗЕ ИДНВ

В последнее время все популярнее становится использовать электро-транспорт, который имеет ряд преимуществ как перед транспортом с классическим бензиновым двигателем, так и перед гибридной электротрансмиссией.

В ходе данной работы была поставлена задача сконструировать много-модульный инвертор тока для управления индукторным двигателем независимого возбуждения (ИДНВ) новой конструкции, который используется в качестве мотор-колеса для электровелосипеда.

ИДНВ содержит несколько независимых модулей, каждый из которых имеет по две якорные обмотки, ток в которых должен иметь возможность менять свое направление и общую для всех модулей обмотку возбуждения.

Данный инвертор располагается внутри самого двигателя, что повышает требования к нему по помехоустойчивости и требует высокой квалификации при разводке платы. Тот факт, что инвертор располагается внутри двигателя, а сам двигатель имеет обращенную конструкцию (через центр платы будет проходить вал двигателя), налагает ограничение на габариты платы, внутри которой мы можем расположить все компоненты.

Так как каждый модуль двигателя может работать независимо от других, это дает дополнительные возможности по резервированию работы двигателя, поэтому и данный инвертор содержит несколько модулей инвертора тока для возможности управления каждым модулем в отдельности. Наличие нескольких модулей двигателя дает нам возможность использовать один из них в функции датчика положения на этапе с малыми скоростями вращения, когда показания наблюдателя положения неточные. Когда же показания наблюдателя положения дают достаточно точные показания, данный модуль тоже включается в работу.

В итоге получилась эргономичная конструкция двигателя с интегрированным инвертором, питание которого поступает от аккумуляторной батареи, а задание приходит по CAN-шине от внешнего пульта управления.

Е.С. Дударев, студ.; рук. Ю.М. Сафонов, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В ТЕПЛИЦЕ

Внедрение систем автоматики в объекты различного назначения представляет собой комплекс работ, направленных на достижение целей, связанных не только со снижением роли человека и объема его труда, но и интеграцией технологий энергосбережения и повышения рентабельности тех или иных предприятий.

В качестве подобного объекта, автоматизация которого может принести повышенный экономический эффект и использоваться как основа для решения подобных задач, выступает теплица. Реализация проекта мультисезонной теплицы позволяет отдельным регионам нашей страны выращивать те или иные культуры в течение всего года путем создания необходимого микроклимата и стать независимыми от импорта.

Система управления основана на базе программируемого логического контроллера и модулей ввода-вывода, обеспечивающих реализацию управления, построенного на теории нейронных сетей. Автономная теплица практически не требует вовлечения человека в процессы выращивания культур, оборудована системой автополива, управлением освещением, обогревом грунта и воздуха, защитой от проникновения, водоподготовкой, беспроводным управлением и диспетчеризацией. Технология нейронных сетей позволяет на базе накопленного опыта эксплуатации постоянно привносить качественные изменения в алгоритм управления, что является предпосылками к самообучению системы управления.

В результате проделанной работы ожидается провести испытания интеллектуальной системы управления на макете автономной теплицы, а также расчет показателей экономической эффективности. Это может послужить отправной точкой для создания реального функционирующего объекта.

Н.Н. Дульнев, студ.; рук. Д.А. Благодаров, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ И ИЗМЕРЕНИЯ В НИЗКОВОЛЬТНЫХ КОМПЛЕКТНЫХ УСТРОЙСТВАХ

На сегодняшний день низковольтные комплектные устройства (НКУ) получают все большее распространение в промышленности и бытовом электрохозяйстве, будь то система управления сложным станком, насосной станцией или обычный силовой щит в квартире. С развитием электроники и микропроцессорной техники у производителей появилась возможность создавать недорогие, удобные и многофункциональные приборы, включаемые в состав НКУ.

Целью работы было спроектировать НКУ с приборами анализа качества электроэнергии для лаборатории кафедры автоматизированного элект-ропривода МЭИ.

Была проанализирована линейка продукции компании «Klemsan», был разработан вариант компоновки имеющегося электрического шкафа и составлена спецификация. В состав НКУ были включены: мультиметр «Ecras», счетчик и анализатор качества энергии «Klea», компенсатор реактивной мощности «Rapidus» и необходимые для их работы реле. Выполнен расчет и создан чертеж проекта в графическом редакторе «AutoCAD».

Итогом работы стало создание многофункциональной платформы для измерения токов, напряжений, частоты, вычисления активной, реактивной и полной мощностей и анализа гармонического состава. В качестве нагрузки могут быть использованы однофазные или трехфазные двигатели переменного тока, а также промышленные установки и всевозможные бытовые приборы мощностью до 5 кВт. Спроектированное НКУ собранно в лаборатории кафедры автоматизированного электропривода МЭИ.

ИССЛЕДОВАНИЕ АСТАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ С ДИНАМИКОЙ БЕССЕЛЯ ДЛЯ СИСТЕМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Обеспечить технологическое оборудование конкурентоспособными характеристиками позволяют электромехатронные модули с двигателями переменного тока и преобразователями частоты. Широкое применение находят электромехатронные модули позиционирования: от запорных, дозирующих и регулирующих аппаратов трубопроводных систем в энергетике, нефтегазовой отрасли, жилищно-коммунальном хозяйстве до космических и оборонных технологий. Наиболее широко их используют в станкостроении и робототехнике, то есть в отраслях, являющихся ключевыми как в Российской Федерации, так и во всем мире. Здесь основное влияние на характеристики каждого электромехатронного модуля позиционирования оси станка или звена манипулятора оказывают кинематические и динамические связи в виде переменных нагрузок сложной формы.

Предлагаются варианты построения регулятора положения с динамикой Бесселя, реализующие астатические системы позиционирования на основе ПИД-регуляторов: модифицированных, с двойным интегрированием и реальным дифференцированием. Такие системы применяют в силу высокой эффективности снижения ошибки регулирования при действии возмущения. Получены соотношения, позволяющие выполнить инженерный расчет основных элементов системы позиционирования по заданной полосе пропускания и инерции механики. Выполнен теоретический анализ характеристик по управлению и возмущению для каждого регулятора.

Теоретические положения, принятые за основу при построении систем, прошли проверку средствами имитационного моделирования в среде Simulink программного комплекса MatLab. В процессе экспериментов:

- показана эффективность применения входных фильтров;
- выполнен анализ частотных свойств по управлению и возмущению;
- проведена проверка заданной полосы пропускания;
- опробованы средства ограничения скорости;
- обоснована фиксированная настройка регуляторов.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании исследовании систем позиционирования в промышленной робототехнике и станкостроении.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-19-00972).

СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПЕРВОГО КОНТУРА АТОМНОГО РЕАКТОРА КАЛИНИНСКОЙ АЭС

Ядерная энергетика сегодняшнего дня развивается только на базе АЭС с реакторами деления (главным образом с реакторами на тепловых нейтронах), использующими в качестве ядерного топлива только один изотоп урана-235.

Энергия, выделяемая в активной зоне реактора, передается теплоносителю первого контура. Далее теплоноситель поступает в теплообменник (парогенератор), где нагревает до кипения воду второго контура. Полученный при этом пар поступает в турбины, вращающие электрогенераторы. На выходе из турбин пар поступает в конденсатор, где охлаждается большим количеством воды, поступающим из водохранилища.

Независимо от схемных особенностей ядерных установок одним из обязательных для реакторной установки видов оборудования являются насосы. Наиболее ответственным агрегатом на АЭС является главный циркуляционный насос (ГЦН) первого контура, обеспечивающий циркуляцию теплоносителя через реактор. На АЭС с реакторами типа ВВЭР главные циркуляционные насосы предназначены:

- для организации принудительной циркуляции теплоносителя через реактор по замкнутому кругу:

$\text{ГЦН} > \text{реактор} > \text{парогенератор} > \text{ГЦН} > \dots$

- обеспечения теплосъема от активной зоны реактора ВВЭР-1000;
- передачи тепла в парогенераторы.

На каждом энергоблоке с реактором ВВЭР-1000 установлено четыре ГЦН, каждый из которых совместно с главными циркуляционными трубопроводами Ду850 и ПГ составляет петлю главного циркуляционного контура.

Вода при параметрах первого контура обладает относительно большим температурным коэффициентом изменения объема и низкой сжимаемостью, что при замкнутом первом контуре приводит к недопустимо большому изменению давления при изменении температурного режима первого контура. Создание системы регулирования давления первого контура возможно изменением частоты вращения электрического двигателя ГЦП с помощью высоковольтного преобразователя частоты.

*Ю.М. Исаев, И.М. Каменев, студенты; рук. О.И. Осипов, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА С БЛОКОМ РЕКУПЕРАЦИИ

Одним из важнейших факторов изучения проблем электропривода является их изучение на основе экспериментальных исследований на специальных лабораторных установках. Одним из недостатков большинства подобных стендов является отсутствие возможности изучения достаточно сложных энергетических режимов работы привода, влияния их параметров и оценки КПД, $\cos\phi$ и потерь из-за отсутствия блоков рекуперации по причине их технической сложности и высокой стоимости, а также специальной измерительной аппаратуры.

Изготавливаемый на кафедре АЭП МЭИ стенд включает в себя систему преобразователь частоты — асинхронный двигатель, где в качестве исследуемой и нагрузочной машины используются асинхронные электродвигатели. Для обеспечения всех структур управления электроприводами применяются оптические датчики (энкодеры) и специальные приборы для измерения энергетических показателей. Наличие программируемого логического контроллера и панели оператора позволит моделировать производственные процессы и объединять стенды в единую систему. Наличие датчика температуры в двигателе даст возможность проводить эксперименты по исследованию влияния тепловых режимов работы в электроприводе. Возможности стенда предполагают оценку энергетики в возможных режимах работы электропривода, что позволит оценить энергоэффективность данных режимов. На стенде закладывается персональный компьютер, связанный с системой управления и датчиками, для оценки влияния тех или иных режимов на работу электропривода и установки в целом.

Подобный стенд при наличии блока рекуперации в преобразователе частоты значительно расширит возможности экспериментальных исследований и глубину изучения различных режимов работы электропривода.

В.Д. Карачев, асп.; рук. А.Н. Голубев, д.т.н., проф. (ИГЭУ, г. Иваново)

УЛУЧШЕНИЕ ВИБРОШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК М-ФАЗНОГО СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Задача улучшения виброшумовых характеристик синхронного электропривода может быть эффективно решена путем применения многофазных ($m > 3$) исполнительных двигателей. В таких приводах уровень тангенциальных и радиальных магнитных сил, обуславливающих шумы и вибрации, может быть значительно снижен за счет целенаправленного воздействия на конфигурацию магнитного поля.

Увеличение числа фаз статорной обмотки вызывает снижение уровня тангенциальных магнитных сил, разряжая гармонический состав поля в направлении устранения из него асинхронных гармоник при относительном возрастании синхронных. Таким образом, при одинаковой форме несинусоидального питающего напряжения многофазная система демонстрирует прямо пропорциональное увеличение частоты пульсаций электромагнитного момента при снижении их амплитуды по экспоненциальному закону.

Еще одной причиной возникновения вибраций является действующая в любой точке воздушного зазора радиальная магнитная сила, величина которой пропорциональна квадрату индукции в зазоре. Эта сила вызывает динамические деформации статорного кольца, которые соответственно являются источником магнитных шумов [1]. Уменьшение уровня радиальных сил требует компромиссной минимизации действующего значения тока статора и магнитных шумов при сохранении требуемого электромагнитного момента. Эта задача может быть решена как аналитически, путем решения задачи оптимизации [1], так и с помощью современных компьютерных средств моделирования. Одним из них является комплекс ElCut, позволяющий достаточно просто для заданной электромеханической системы получать основные интегральные величины, среди которых есть и магнитные силы. Изменяя распределение токов по многофазной статорной обмотке, можно синтезировать картину магнитного поля в зазоре, обеспечивающую существенное снижение величины радиальных сил.

Литература

1. **Синхронный** электропривод с улучшенными виброшумовыми характеристиками и его моделирование / С.С. Ананьев, В.Г. Белоногов, А.Н. Голубев и др. // Вестник ИГЭУ. 2013. Вып. 2. С. 33—39.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИКИ БЕССЕЛЯ В СТАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРАХ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

Электромехатронные модули с двигателями переменного тока (асинхронными и синхронными), преобразователями частоты и микропроцессорным управлением позволяют задать высокое качество статики и динамики процессов, повысить полосу пропускания сигналов управления, обеспечивая тем самым технологическое оборудование конкурентоспособными характеристиками.

Определенной спецификой обладают электромехатронные модули, решающие в технологических процессах различной природы задачи позиционирования. Задачи позиционирования подразумевают изменение пространственного положения исполнительных органов технологических установок, перемещения из одного фиксированного положения в другое заданное положение.

В станках и промышленных роботах характерным фактором влияния на характеристики каждого модуля позиционирования (оси станка, звена манипулятора) являются кинематические и динамические связи между осями в виде переменных нагрузок сложной формы, поэтому актуальной является тематика, связанная с разработкой и исследованием систем позиционирования. В настоящей работе рассматриваются варианты построения регулятора положения, реализующие статические системы позиционирования: ПД- регуляторы (модифицированные или с реальным дифференцированием), модальные регуляторы.

Получены соотношения, позволяющие выполнить инженерный расчет основных элементов системы позиционирования со статическими регуляторами положения при настройке динамики на стандартное распределение корней характеристического уравнения по Бесселю. Выполнен теоретический анализ статических и динамических характеристик по управлению и возмущению для каждого варианта статического регулятора положения.

Теоретические положения, принятые за основу при построении систем, прошли проверку средствами имитационного моделирования в среде Simulink программного комплекса MatLab. Полученные результаты моделирования подтверждают обоснованность принятых при синтезе системы решений.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-19-00972).

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

ЭЛЕКТРОАВТОМАТИЗАЦИЯ КРАНОВ

Современная практика краностроения идет по пути применения высоких скоростей движения в кранах для массовых перегрузочных работ. В настоящее время широкое применение нашли грейферные перегружатели. Они относятся к классу грузоподъемного оборудования циклического действия и предназначены для перегрузочных работ с одного транспортного средства на другое, а также на места или с мест открытого хранения навалочных грузов. Однако по причине новых требований, предъявляемых к краностроению, грейферные мостовые перегружатели нуждаются в модернизации с целью увеличения точности при работе с особыми видами грузов, повышения производительности, частичной или полной автоматизации грузоподъемных операций.

Выбор электрооборудования для модернизации основан на надежном, безопасном и интегрированном решении. Как комплексный поставщик Siemens предлагает широкий выбор качественного и надежного электрооборудования, соответствующего современным требованиям. Примером такого оборудования являются преобразователи частоты (ПЧ) серии Sinamics. Благодаря модульной конструкции и гибкой системе управления они применяются в точных и высокопроизводительных электроприводах с жесткими требованиями к динамическим характеристикам.

Выбранный ПЧ электропривода механизма передвижения решит следующие задачи:

- возможности рекуперации энергии торможения в сеть;
- согласованной работа двух ПЧ;
- связи с датчиками скорости и ПЛК.

Система SIMATIC позволяет решить задачу комплексной автоматизации грейферного перегружателя. Результатом будет являться модернизация системы управления привода передвижения мостового грейферного перегружателя, повышение энергоэффективности и надежности работы механизма передвижения и снижение эксплуатационных затрат.

П.И. Кудрявцев, студ.; рук. Ю.М. Сафонов, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНЦИЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

Станция биологической очистки (СБО) является частью комплекса очистных сооружений и предназначена для очистки бытовых сточных вод.

Разрабатываемая АСУ предназначена для обеспечения комплексной автоматизации технологических процессов СБО. Система содержит нижний уровень (датчики уровня, температуры, расхода и исполнительные механизмы) и обеспечивает выполнение функций сбора и первичной обработки входных сигналов, а также верхний уровень (контроллеры, устройства визуализации, устройства связи), который предназначен для выполнения функций управления, регулирования и задач протекания технологических процессов.

Для автоматической работы станции обрабатывается большое количество сигналов с датчиков, расходомеров и преобразователей частоты электроприводов насосов, которые постоянно меняются (уровень воды, скорость течения воды, температура в помещениях, частота вращения насосов). Алгоритм управления для данной системы проще сформулировать лингвистическим путем. Тогда входные переменные будут описываться словесно и присваиваться к фаззи-множествам (высокая скорость, низкая температура). Выходные переменные формируются на основе базы знаний логических заключений. Для решения поставленной задачи применен фаззи-регулятор, преимуществом использования которого является то, что для его создания не требуется точное математическое описание объекта управления [1].

На станции СБО установлены насосы, которые качают воду в технологические емкости для дальнейшей очистки. Поток воды неравномерен. В случае увеличения напора данные с датчиков поступят в контроллер, система управления увеличит скорость вращения насоса, а при аварийном уровне воды — включит резервный.

Таким образом, можно сделать вывод, что при внедрении фаззи-регулятора снижается электропотребление и увеличивается эффективность работы станции за счет динамического изменения выходных параметров.

Литература

1. **Терехов В.М., Осипов О.И.** Системы управления электроприводов: учебник для вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2006.

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ СРЕДСТВ ПО ЭЛЕКТРОПРИВОДУ

В рамках образовательных программ бакалавриата и магистратуры лабораторные работы занимают особенно важное место. Для большинства студентов это первый опыт работы с электротехническим оборудованием и возможность закрепить и подкорректировать свои теоретические знания по электроприводу. Безусловно, огромное количество лабораторных занятий положительно сказывается на качестве образовательного процесса.

Использование виртуальных лабораторий по электроприводу вместе с реальными системами позволит студентам глубже понять суть изучаемой дисциплины [1].

Преимущества данного подхода:

- актуализированная и гибкая рабочая среда с возможностью привлечения обучаемого в процесс редактирования материалов;
- круглосуточный доступ к учебным материалам через сеть Internet;
- безопасность вследствие отсутствия напряжения и вращающихся частей;
- значительная экономия средств на модернизацию.

В ходе работы над комплексом виртуальных лабораторных средств по электроприводу мною разрабатывается система мер для обеспечения передачи данных из интегрированной среды программирования Borland C++ Builder в среду обработки данных PowerGraph с целью упрощения визуализации лабораторных работ и возможности построения графиков в режиме реального времени. В работе используется универсальный открытый стандарт OPC, который описывает интерфейсы обмена данными между приложениями систем управления. Цель технологии OPC — предоставить разработчикам единый универсальный механизм сбора данных из разнородных источников и передачу этих данных любой клиентской программе вне зависимости от типа используемого оборудования [2]. Стандарт бесплатен, популярен у производителей оборудования и специалистов АСУ ТП.

Литература

1. **Анучин А.С.** Системы управления электроприводов: учебник для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2015.
2. **Материалы** сайта «OPC Foundtation» (<https://opcfoundation.org/>).

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

РАЗРАБОТКА МНОГООСЕВОГО СЕРВОУСИЛИТЕЛЯ ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

В настоящее время широкое применение в промышленности находят системы с числовым программным управлением (ЧПУ). Основной тенденцией является использование модульных систем, состоящих из нескольких соединенных по цифровому интерфейсу инверторов [1,2]. Однако быстродействие такой системы ограничивается скоростью передачи данных по используемому интерфейсу. В области прецизионного электропривода, где требуются очень высокие точности, высокие динамические показатели системы и максимально согласованная работа всех рабочих органов, количество данных, которыми необходимо обмениваться между узлами системы, очень велико. Это приводит к понижению быстродействия и ухудшению параметров системы, особенно в динамике.

Автором предлагается другое решение — использование многоосевого сервоусилителя. В этом случае отпадает необходимость в интерфейсе между инверторами, так как каждый инвертор напрямую управляется от общего цифрового сигнального процессора (DSP). Это также позволяет повысить быстродействие, точность, помехоустойчивость, надежность системы.

В данной работе рассмотрена разработка четырехосевого сервоусилителя в двух модификациях: с номинальным током 8 А и пиковым 16 А, с номинальным током 15 А и пиковым 30 А. Исследования рынка показали, что для многих применений достаточно четырех осей и указанного диапазона токов. В блоке также присутствует возможность подключения дополнительных осей по интерфейсу CANopen.

В дальнейшем разработанный блок найдет применение в промышленности для проверки ЖК матриц, контроля параметров кварцевых пластин, в производстве полупроводников, лазерной обработке.

Литература

1. **Балковой А.П., Цаценкин В.К.** Прецизионный электропривод с вентильными двигателями. М.: Издательство МЭИ, 2010.
2. **Прецизионный** линейный электропривод / А.П. Балковой, Г.А. Сливинская, О.А. Толстых, Л.Н. Рассудов // Труды МЭИ. 2012. № 688.

Д.А. Однорог, студ.; рук. В.Ф. Козаченко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПРЯМОГО ПРИВОДА ЭЛЕКТРОВЕЛОСИПЕДА

В современном мире с развитием накопителей электроэнергии все большее распространение получает электрический транспорт. В последнее десятилетие очевидно противоречие между желанием обеспечить работу привода на высоких скоростях и одновременно выполнить требование по высокой перегрузочной способности на низких скоростях (для реализации в станках, роботах и тяге).

В ходе работы мной была выполнена задача по разработке и исследованию индукторного двигателя независимого возбуждения (ИДНВ) новой конструкции в габаритах, сопоставимых с двигателем мотор-колеса для электровелосипеда. Индукторный двигатель независимого возбуждения содержит несколько независимых рабочих модулей. В каждом из модулей находятся две обмотки якоря и одна обмотка возбуждения. Двигатель имеет обращенную конструкцию.

В конструкции двигателя не используются дорогостоящие магниты, что делает машину дешевле синхронных двигателей с высококоэрцитивными магнитами на роторе. В результате получен «моментный двигатель», который развивает высокую тягу на низких скоростях и требуемую мощность на высоких скоростях, т.е. высокую «крейсерскую» скорость.

Такой двигатель позволяет перейти к полностью прямому, безредукторному приводу за счет изготовления прежде всего «тихоходных» исполнительных двигателей, не требующих редуцирования скорости. Это направление особенно перспективно для поворотных столов в станкостроении и прямых приводов исполнительных устройств в спецтехнике. Многомодульная конструкция повышает надежность и отказоустойчивость привода за счет независимой работы нескольких модулей, когда отказ одного из модулей не приводит к отказу всего привода.

Один из модулей двигателя можно использовать в качестве датчика положения ротора в момент трогания с последующим включением цифрового наблюдателя и переводом такой «датчиковой» секции в нормальный режим работы.

В перспективе возможен будет переход к конструктивной интеграции двигателя, силового преобразователя и системы управления в одном устройстве — мехатронном модуле.

В.В. Павлухин, студ.; рук-ли М.А. Захаров, асс;
А.М. Захаров, к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНЗИСТОРНЫМИ МОДУЛЯМИ МНОГОУРОВНЕВОГО ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

Целью работы является разработка различных способов управления высоковольтным асинхронным двигателем для промышленной вентиляционной системы и моделирование работы системы управления в компьютерной среде MatLab-Simulink на основе каскадного многоуровневого инвертора напряжения.

Силовая схема системы состоит из многообмоточного фазосдвигающего трансформатора, инверторных ячеек, включенных последовательно в каждую фазу; асинхронного двигателя 8 МВт напряжением 10 кВ и вентиляторной нагрузкой.

Системы управления преобразователем регулируются скалярным или векторным способами.

Скалярная система реализует закон управления U/f инверторными ячейками. Частота и напряжение выступают как два управляющих воздействия. Фаза содержит шесть силовых ячеек и формирует 13 уровней выходного напряжения. Каждая ячейка содержит однофазный инвертор на IGBT-транзисторах, осуществляющий обратное преобразование постоянного напряжения в переменное с помощью ШИМ. Принцип формирования выходного напряжения заключается в логическом сравнении синхронизирующего напряжения и модулирующей функции генераторов импульсов.

Модель в среде MatLab системы векторного управления включает подсистемы блока задания скорости и блока системы управления инвертором. Данная система основана на регулировании составляющих векторов тока статора, направленных перпендикулярно вектору потокосцепления ротора. Система представлена регуляторами скорости, потокосцепления и узлами вычисления задания фазных напряжений. Регулятор скорости вырабатывает сигнал задания момента. Регуляторы токов I_d , I_q выполнены ПИ-регуляторами. Разработаны блоки формирования сигналов управления инвертором, блоки формирования и распределения импульсов и модель ШИМ - генератора.

В результате моделирования были созданы общие схемы с различными способами управления преобразователем для анализа переходных процессов в системе электропривода вентиляционной установки.

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

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА СЕТЬ

Данная работа посвящена оптимизации работы электропривода с преобразователем частоты TRIOL AT27 при переходе на сеть.

Преобразователь частоты средневольтный многоуровневый TRIOL AT27 предназначен для частотного пуска и регулирования скорости вращения вала асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором и синхронных электродвигателей (с внешним возбудителем) с номинальным напряжением 6 кВ и мощностью до 1,6 МВт. Данный преобразователь применяется на предприятиях нефтяной промышленности. Одной из возможностей данного преобразователя является перевод двигателя на сеть.

В ходе выполнения данной работы был проведен расчет силовой части электропривода. Также проанализированы возможные варианты оптимизации режима «переход на сеть» для разных сетей и выбраны наиболее подходящие с точки зрения функциональности. Для наиболее подходящих решений были разработаны структурные схемы и проведены необходимые расчеты. Также было проведено исследование перевода двигателя на сеть на реальном объекте.

Опробование режима «переход на сеть» после оптимизации на объекте показало о полной реализации данного проекта и целесообразности его использования.

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

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА РОТОРА БУРОВОЙ УСТАНОВКИ

Данная работа посвящена разработке системы управления, позволяющей задавать момент привода ротора буровой установки.

Буровые установки предназначены для бурения нефтяных и газовых скважин. Вращение буровой колонны осуществляется с помощью роторного стола, который в свою очередь соединен через карданный вал с асинхронным электродвигателем. При различных режимах бурения есть необходимость регулировать момент привода ротора.

В ходе выполнения данной работы был проведен расчет силовой части электропривода. Также проанализированы возможные варианты управления электроприводом ротора и выбраны наиболее оптимальные с точки зрения функциональности и безопасности. Для наиболее подходящих решений были разработаны структурные схемы и проведено математическое моделирование. С помощью разработанных моделей проведен анализ влияния параметров электропривода на поведение системы. Также было проведено исследование системы управления на модели и реальной буровой установке на месторождении.

Внедрение разработанной системы управления на объекте позволило полностью реализовать проект по модернизации буровой установки.

М.Ю. Романов, студ.; рук. А.Н. Ладыгин, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РЕАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ТОРМОЗОМ В ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

Электромагнитные тормоза электродвигателей предназначены для торможения вращающихся частей машины и находят широкое применение в системах электрического привода подъемно-транспортных установок.

Специально выпускаемые серийные асинхронные двигатели (АД) с электромагнитными тормозными устройствами оснащены нормально замкнутым дисковым механическим тормозом. При пуске под действием электромагнита тормоза фрикционные диски размыкаются, позволяя валу АД свободно вращаться. При отключении питания электромагнита фрикционные диски тормоза смыкаются под действием пружин тормоза, осуществляя торможение и фиксацию вала АД.

Электромагнитный тормоз используется для решения задач аварийного торможения, блокировки вращения в момент пропадания напряжения питания, в задачах транспортировки и подъема грузов, для сокращения времени выбега электродвигателей, а также везде, где требуется остановка приводной системы в определенном положении или по времени. Управление электромагнитным тормозом является ответственной задачей, т.к. от его надежной работы зависит безопасность персонала, сохранность различных частей оборудования или грузов. В связи с этим исследование особенностей управления электромагнитными тормозами и реализация соответствующих алгоритмов управления в частотно-регулируемом электроприводе, в частности с использованием возможностей, имеющихся в преобразователях частоты, является весьма актуальным.

Основной целью исследований, результаты которых представлены в докладе, была разработка методики настройки системы управления встроенным электромагнитным тормозом с целью обеспечения выполнения требований не только к условиям срабатывания, но и к условиям отпущения тормоза. Требования к отпущению тормоза обычно возникают, например, в системах подъема грузов, чтобы обеспечить нужное усилие и скорость вращения, чтобы отпущение тормоза не привело к падению или, наоборот, к рывку груза вверх.

В ходе работы была реализована система управления электромагнитным тормозом в системе ПЧ-АД на лабораторной установке в НОЦ «Шнейдер Электрик — МЭИ», проведены исследование и анализ ее свойств, выработаны методические рекомендации по настройке управления электромагнитным тормозом с использованием возможностей современных преобразователей частоты.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСМИССИЙ ГИБРИДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В связи с ограниченностью энергоресурсов и экологическими проблемами остро стоит вопрос энергосбережения и охраны окружающей среды. Это относится ко многим сферам человеческой деятельности, в том числе и к транспортным средствам. Возможный путь повышения топливной эффективности — гибридный транспорт, среднее между автомобилем и электромобилем. При проектировании гибридных трансмиссий возникает проблема отсутствия теории выбора основных параметров и корректного согласования разработанных систем. В связи с этим необходима разработка математической модели для оценки энергоэффективности гибридных транспортных средств и оптимизации параметров.

Математическая модель состоит из нескольких составляющих: механической и энергетической моделей. Механическая модель состоит из уравнений движения транспортного средства на поворотах, при движении в гору, на ровной дороге и т.д. Используя приложения, снимающие GPS треки, получим траектории движения транспортного средства. Из полученных данных находится скорость и ускорение транспорта, рассчитываются силы, действующие на транспортное средство. В итоге сможем получить величину мощности, необходимую для достижения подобного ускорения.

Энергетическая модель содержит распределение энергии между ТЭП (тяговым электроприводом), ДВС (двигателем внутреннего сгорания), АКБ (аккумуляторной батареей) и ТР (тормозными резисторами). Также модель содержит формулы расчета КПД для каждой составляющей системы и формулы зависимости КПД от мощности и массы. Это позволит нам найти наиболее эффективное соотношение массы и требуемой мощности.

Следующая задача — оптимизации системы. Она заключается в построении для каждого компонента энергетической модели зависимостей КПД от произведения массы и мощности. Далее следует поиск оптимального результата соотношений параметров.

В итоге мы получим теорию расчета, позволяющую оптимизировать параметры гибридных трансмиссий. Это позволит добиться наиболее экономичного использования гибридного транспорта и наибольшей экономии топлива.

Р.А. Серов, студ.; рук-ли М.А. Захаров, асс.;
А.М. Захаров, к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Целью работы является разработка системы управления электропривода переменного тока для питательного насоса энергоблока тепловой электростанции 210 МВт.

Проведен сравнительный анализ способов регулирования производительности насосного агрегата, в ходе которого был выбран частотный способ регулирования с использованием высоковольтного преобразователя частоты (ВЧРП). В основу принципа работы ВЧРП заложен алгоритм многоуровневого сложения напряжения. Каждый силовой модуль является источником напряжения с преобразованием переменного в постоянный и постоянный в переменный и имеет трехфазный входной трансформатор низкого напряжения и однофазный выход. Силовая схема преобразователя состоит из многообмоточного трансформатора, ячеек с силовыми IGBT-модулями, ячейки управления с промышленным компьютером.

Для качественной оценки работы преобразователя частоты на основе силовой схемы была разработана компьютерная модель в среде MatLab. Отдельно проведено моделирование каждого блока системы. Модель многообмоточного трансформатора представлена тремя одинаковыми трансформаторами, каждый из которых моделирует одну фазу с заданием необходимого фазового сдвига каждой вторичной обмотки. Это нейтрализует большинство гармонических токов от отдельных силовых ячеек и придает синусоидальность токам первичной обмотки. Система управления основана на скалярном законе управления U/f и на принципе синусоидальной широтно-импульсной модуляции. Модель асинхронного двигателя мощностью 8 МВт с напряжением 10 кВ была реализована с имитацией нагрузки насосного агрегата при прямом пуске.

На основе моделирования была синтезирована общая схема системы каскадного многоуровневого преобразователя частоты для исследования характеристик переходных процессов высоковольтного асинхронного двигателя с заданной нагрузкой.

*И.И. Фаттахов, З.М. Закиров, студенты; А.Н. Хуснутдинов, соиск.;
рук. Р.Г. Идиятуллин, д.т.н., проф. (КГЭУ, г. Казань)*

ОЦЕНКА ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ НИЗКОВОЛЬТНЫХ УЧАСТКОВ ЦЕПИ С УЧЕТОМ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

В настоящее время регулируемые источниками реактивной мощности в ЭЭС с плавно регулируемым диапазоном являются синхронные генераторы электростанций, а также используемые на подстанциях синхронные компенсаторы и статические тиристорные компенсаторы. Также используются дискретно-регулируемые конденсаторные батареи и шунтирующие реакторы. Трансформаторы (автотрансформаторы) не являются источниками реактивной мощности и в основном влияют на распределение потоков реактивной мощности в сети [1].

Электроэнергия вырабатывается с использованием паровых и гидравлических турбин на турбо- и гидрогенераторах соответственно. С одной стороны, указанные типы генераторов сильно различаются между собой как механические, электрические, магнитные и тепловые системы. С другой стороны, генератор несет как активную нагрузку, так и реактивную нагрузку, регулируемую током возбуждения генератора. Ограничения на допустимую реактивную нагрузку для неявнополюсных турбогенераторов и явнополюсных гидрогенераторов различаются. При анализе работы агрегата следует учитывать равенство номинальной мощности турбины и номинальной активной мощности генератора.

Нормативным методом расчета нагрузочных потерь электроэнергии в сетях 0,38 кВ является метод оценки потерь на основе зависимостей потерь от обобщенной информации о схемах и нагрузках сети, изложенный ниже.

Потери электроэнергии в линии 0,38 кВ с сечением головного участка F_{Γ} , мм², отпуском электрической энергии в линию $W_{0,38}$, за период D , дней, рассчитывают по формуле [2]

$$\Delta W_{\text{н}0,38} = k_{0,38} \frac{W_{0,38}^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi) L_{\text{ЭКВ}}}{F_{\Gamma} D} \frac{1 + 2k_3}{3k_3}. \quad (1)$$

Существующие методы расчета имеют значительный разброс параметров потерь, которые в некоторых случаях достигают 10 %. Предлагается алгоритм расчета, восполняющий этот недостаток.

Литература

1. Хуснутдинова Э.М., Хуснутдинов А.Н. Снижение энергопотребления предприятий и его влияния на экологию // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2014. Т. 1—2.
2. Идиятуллин Р.Г. Компенсация реактивной мощности в системах электропитания. Казань: КГЭУ, 2009.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ФИЛЬТРО-КОМПЕНСИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА И АКТИВНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ ДЛЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Основным средством улучшения качества электроэнергии в системах электроснабжения, содержащих электроприводы с полупроводниковыми преобразователями, является применение фильтро-компенсирующих устройств (ФКУ). В последнее время в связи с массовым распространением частотно-регулируемого электропривода (ЧРЭП) перспективным направлением повышения качества электроэнергии является применение активного выпрямителя напряжения (АВН) в составе преобразователя частоты. Поэтому представляет интерес провести сравнение влияния ФКУ со ступенчатым регулированием реактивной мощности (ФКУ-С) и АВН на качество электроэнергии. Сравнение проводилось при помощи компьютерной модели на примере электротехнического комплекса буровой установки (ЭТК БУ) для двух случаев: при питании от воздушной линии напряжением 6 кВ при максимальной длине 9 км и при питании от автономных синхронных генераторов (СГ). Результаты моделирования показали следующее. При питании от воздушной линии и включении ФКУ-С отклонение напряжения электропитания $\delta U = -8\%$; коэффициент мощности $\cos\varphi = 0,98$; суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения $K_u \leq 5\%$. При включении АВН в режиме регулирования реактивной мощности $\delta U = -12,5\%$; $\cos\varphi \approx 1$; $K_u = 3\%$. В режиме регулирования напряжения применение АВН позволяет получить δU , близкое к нулю; $\cos\varphi = 0,88$ (емкостной); $K_u = 2,5\%$. При питании от автономных СГ и включении ФКУ-С K_u не превышает 5,5%. При включении АВН $K_u = 3,2\%$. В обоих случаях $\cos\varphi \approx 1$. Регулятор напряжения во всех случаях поддерживает напряжение на шинах переменного тока равным номинальному.

Выполненные исследования позволили сделать следующий вывод: применение ФКУ-С или АВН в составе ЭТК БУ с ЧРЭП позволяет уменьшить суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения, уменьшить отклонение напряжения электропитания до нормативных значений [1], повысить коэффициент мощности.

Литература

1. ГОСТ 32144—2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения М: Стандартинформ, 2014. 16 с.

Секция 25

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

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

*А.О. Большаков, студ.; рук-ли М.Г. Марков, к.т.н., доц.;
В.М. Коряжкин, ст. преп. (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 с целью его оптимизации, разработки оборудования и синтеза системы управления. Эта задача является актуальной и требует применения современных и высокотехнологических устройств измерения и наглядного представления информации.

Внедрение микропроцессоров являются в настоящее время прогрессивным направлением совершенствования как систем управления, так и устройств контроля их качества. Микропроцессоры позволяют с высокой скоростью проводить опрос различных датчиков с самой разнообразной информацией, обработать ее и представить или сохранить для последующего анализа на компьютере.

Сложность установок индукционного нагрева заключается в большом количестве характеризующих их параметров с разным уровнем сигналов и динамикой их изменения. В докладе рассматривается разработка микропроцессорного комплекса, который позволил бы в режиме «он-лайн» собирать все данные с установки во время работы, выводить их на компьютер, сохранять и там обрабатывать. В настоящее время параметры, характеризующие работу установки, измеряются несколькими отдельными приборами. Каждый из них показывает что-то одно — ток, мощность или напряжение. Регистрацию и сохранение показаний выполняет человек, который может допускать ошибки, кроме того, разные параметры берутся

в разные моменты времени. Поэтому решение разработать универсальную информационно-измерительную систему, свободную от отмеченных выше недостатков, является важным.

Разработанная измерительная система реализована на плате STM32discovery с микроконтроллером STM32F407VG [2], имеющим быстрый многоканальный АЦП, и хорошие вычислительные способности. Программирование происходит на языке Си [3] с использованием программы Keil uvision.

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.

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

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ИТП С ФЕРРОМАГНИТНОЙ КУСКОВОЙ ШИХТОЙ

Для получения математического описания ИТП с ферромагнитной кусковой шихтой были проведены опыты на ее физической модели. Для моделирования самой кусковой шихты применялись куски стальных прутков длиной 25 мм трех разных диаметров (1,1; 2,9 и 6,2 мм). Параметры модельной установки следующие: диаметр индуктора — 75 мм, его высота — 95 мм, диаметр тигля — 65 мм, число витков индуктора — 6. В качестве влияющих факторов на параметры схемы замещения загрузки были выбраны: ток индуктора, средняя температура загрузки, отношение диаметра загрузки к глубине проникновения электромагнитного поля в кусковую шихту. При этом приняты следующие диапазоны варьирования параметров: ток I — 100 ÷ 270 А, температура T — 40 ÷ 1100 °С, частота тока f — 15 ÷ 19,5 кГц.

Для применения математического описания ИТП различной емкости определяющие факторы были взяты в относительных единицах по отношению к значениям в начале опыта ($I = 100$ А, $T = 40$ °С, $f = 15$ кГц). При построении регрессионного уравнения, описывающего зависимости относительных активного сопротивления загрузки R^* и индуктивности L^* , приняты влияющие факторы в относительных единицах: ток индуктора — I^* , средняя температура загрузки — T^* , диаметр кусков шихты по отношению к глубине проникновения — $D\sqrt{f}$, как

$$D\sqrt{f}. \quad (1)$$

Регрессионные уравнения для относительных значений активного сопротивления и индуктивности ферромагнитной загрузки:

$$R^* = 0,07I^* + 0,4Df^* + 0,001(T^*)^2 - 0,2(Df^*)^2 - 0,005I^*T^* - 0,02I^*Df^*; \quad (2)$$

$$L^* = 0,6I^* - 0,1Df^* - 0,04(I^*)^2 + 0,001(T^*)^2 - 0,01I^*T^*. \quad (3)$$

Полученные регрессионные уравнения для системы индуктор-загрузка описывают относительные изменения параметров ферромагнитной кусковой шихты при работе в печах со сходными напряженностями магнитных полей и относительной геометрии печи и загрузки как в модельной установке. Зная начальные значения параметров реальной печи, можно провести пересчет основных параметров модельной печи согласно теории подобия [1].

Литература

1. Кувалдин А.Б., Федин М.А., Генералов И.М. Физическая модель для определения характеристик индукционной тигельной печи при нагреве ферромагнитной кусковой шихты // Индукционный нагрев. 2015. № 1. С. 3—8.

Е.В. Горячих, В.М. Филатов, аспиранты; рук-ли А.В. Щербаков, д.т.н., доц.; В.П. Рубцов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕЧИ СОПРОТИВЛЕНИЯ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

С повышением требований к точности и качеству регулирования температуры в ЭПС, особенно в сложных и прецизионных технологических процессах, возникает необходимость учета распределения температур внутри печи. Очевидно, что такой анализ может быть осуществлен только на основе детализированного представления ЭПС как неоднородного объекта управления. Неоднородность ЭПС как объекта управления проявляется в том, что он включает в себя несколько взаимосвязанных условиями теплопередачи элементов с различными теплотехническими параметрами.

В общем случае для ЭПС общепромышленного назначения можно выделить четыре основных элемента: нагреватель, на который поступает мощность от источника питания через регулятор напряжения, футеровку, обеспечивающую теплоизоляцию от окружающей среды, нагреваемое изделие (садка) и термопреобразователь — датчик температуры.

Упрощенное представление ЭПС в виде однородного теплотехнического элемента создает определенные проблемы при проектировании и настройке регулятора температуры. В частности, одним из нерешенных вопросов можно считать выбор места установки датчика температуры внутри печи, а также критериев оценки выбора желаемого (с точки зрения технологии) места установки датчика температуры. Решение этой задачи при использовании традиционной упрощенной модели ЭПС невозможно.

При установке датчика температуры вблизи нагревателя система стабилизирует температуру нагревателей, что приводит к стабилизации мощности, вводимой в печь. При этом температура футеровки и изделия не стабилизируется, и возмущающие воздействия, влияющие на их температуру, не компенсируются.

При установке датчика температуры вблизи изделия система непосредственно стабилизирует температуру изделия. Это особенно важно для технологических процессов, при которых изменение температуры в малом диапазоне способно повлиять на качество обрабатываемого изделия.

При установке датчика вблизи футеровки система обеспечивает стабилизацию температуры футеровки, что благоприятно сказывается на ее эксплуатационных характеристиках. Поскольку футеровка обладает наибольшей инерционностью, колебания температуры при возмущениях происходят с низкой частотой, что также улучшает условия эксплуатации.

*Н.В. Джалалзаде, студ.; И.Ю. Долгих, асп.;
рук. А.Н. Королёв, к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)*

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНДУКЦИОННОЙ СВАРКИ АЛЮМИНИЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Индукционный нагрев является широко используемым технологическим процессом [1], что обусловлено наличием преимуществ, важнейшим из которых является возможность бесконтактной передачи энергии в требуемую область изделий как по глубине, так и пространственному расположению. Указанное обстоятельство позволяет применять его в области стыковой сварки, осуществляемой путем нагрева поверхностей частей изделия и их последующем сжатии. Наибольшее распространение высокочастотная сварка получила в области изготовления стальных труб [2], однако она также может быть использована в других технологических процессах. В этом случае важным этапом, предшествующем ее внедрению, является проведение исследований, направленных на повышение технологических и энергетических показателей. В связи с этим рационально использовать методы компьютерного моделирования, позволяющие получать требуемые характеристики при учете основных особенностей, характерных для исследуемого технологического процесса.

Применительно к высокочастотной сварке, осуществляемой с помощью внешних индукторов, широкие возможности представляет программа полевого моделирования Comsol Multiphysics, основанная на методе конечных элементов. При заданной геометрии и физических свойствах материалов индуктора и нагреваемого изделия программа позволяет проводить совместный расчет электромагнитных и температурных процессов, получая требуемые характеристики как в статике, так и в динамике.

Исследования проводились на примере сварки цилиндрических алюминиевых изделий сплошного сечения. При этом варьируемыми параметрами были форма индуктора, при различных вариантах которой фиксировался характер нагрева в сварочной области. В целом проведенные исследования позволили рекомендовать форму и вид конструкции индуктора, позволяющего обеспечить заданный уровень нагрева при требуемых его характеристиках.

Литература

1. **Современные** энергосберегающие электротехнологии: учебное пособие для вузов / Ю.И. Блинов, А.С. Васильев, А.Н. Никаноров и др. СПб.: Изд-во СПбГТЭУ «ЛЭТИ», 2000. 564 с.
2. **Оборудование** и основы технологии сварки металлов плавлением и давлением: учебное пособие / под ред. Г.Г. Чернышова и Д.М. Шашина. СПб.: Издательство «Лань», 2013. 464 с.

И.Ю. Долгих, асп.; рук. А.Н. Королёв, к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНДУКЦИОННО-СТЫКОВОЙ СВАРКИ

В настоящее время большой объем сборочных работ осуществляется с помощью сварки, позволяющей получать широкий спектр неразъемных соединений различного назначения. При этом повышающиеся требования к производству конструкций из металла обуславливают поиск принципиально новых технических решений, направленных на улучшение технологических и технико-экономических показателей получаемых соединений. На удовлетворение указанных требований направлена предложенная авторами индукционно-стыковая сварка, заключающаяся в нагреве поверхностей свариваемого изделия плоским индуктором на требуемую температуру и глубину с последующим их сжатием с необходимым усилием [1]. Ее использование позволяет повысить качество и надежность сварного соединения за счет непосредственного воздействия на свариваемые поверхности и уменьшения зоны термического влияния.

В то же время разработка новой сварочной технологии обуславливает необходимость разработки методов математического моделирования, способных учитывать весь комплекс задействованных устройств с их нелинейными зависимостями связи входных и выходных переменных. С этой целью авторами предложен метод условной декомпозиции нагреваемого изделия на слои [2], направленный на исследование электромагнитных и температурных процессов на этапах нагрева и остывания с учетом взаимного влияния нагреваемого изделия и источника питания.

В целом использование представленного метода позволило получить основные технологические и энергетические показатели индукционно-стыковой сварки при различных вариантах входного стабилизированного параметра и сформулировать соответствующие рекомендации для выбора системы управления.

Литература

1. **Патент РФ** 2558802 МПК В 23 К 13/01. Способ индукционно-стыковой сварки профилей различной конфигурации / А.Н. Королёв, В.В. Тютиков, И.Ю. Долгих, А.С. Орлов; опублик. 10.08.2015, Бюл. № 22.

2. **Волков А.С., Долгих И.Ю.** Разработка декомпозиционного метода исследования индукционно-стыковой сварки // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П.А. Соловьёва. 2015. № 2 (33). С. 64—70.

*Н.В. Ермолаев, студ.; И.Ю. Долгих, асп.;
рук. М.Г. Марков, к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

Одной из основных задач, связанных с эксплуатацией индукционных нагревательных установок [1], является грамотное и точное измерение входных и выходных параметров, информация о которых способна обеспечить заданный уровень нагрева при требуемых технологических и энергетических показателях всего процесса в целом. При этом наибольший интерес представляет измерение тока, напряжения и мощности, подводимых к индуктору во время нагрева, задача измерения которых осложняется высокой частотой их изменения. В связи с этим актуальной является разработка измерительного комплекса, позволяющего в режиме реального времени собирать информацию о параметрах индукционной установки, проводить их обработку и выводить в удобном виде для пользователя. При этом важным является обеспечение высокой точности измерений при соблюдении требований техники безопасности. Однако в этом случае существует необходимость разработки конкретных датчиков, получающих сигнал от установки и передающих его на измерительный комплекс.

Анализ различных вариантов позволил предложить в качестве измерительных датчиков измерительный трансформатор напряжения и пояс Роговского с интегратором. В этом случае измерение активной мощности, подводимой к индуктору, может быть выполнено перемножением мгновенных значений тока и напряжения с последующим усреднением результатов.

Для теоретического обоснования применения измерительного преобразователя тока на базе пояса Роговского построена его математическая модель и получены зависимости погрешностей преобразователя от его параметров и частоты. Изготовлен измерительный преобразователь, проведена его калибровка и измерение тока индуктора. Спроектирован и изготовлен высокочастотный трансформатор напряжения. На основании анализа доступной информации предложен вариант устройства для измерения фазового сдвига, основанный на преобразовании угла во временной интервал, сравниваемый с интервалом, равным периоду сигнала.

Литература

1. **Фомин Н.И., Затуловский Л.М.** Электрические печи и установки индукционного нагрева. М.: Металлургия, 1979. 247 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУШЕК

Проектирование технологических электронных пушек — это комплексная междисциплинарная задача, которую зачастую приходится решать в условиях неопределенности некоторых факторов или при наличии противоречивых требований. Наиболее сложным с точки зрения проектирования является катодно-анодный узел пушки. На начальном этапе проектирования электронной пушки необходимо определить геометрическую форму и размеры электродов, их взаимное расположение, а также величины приложенных разностей потенциалов. В настоящее время эти задачи решаются с использованием методов математического моделирования.

Исследования проводились с использованием программного пакета для расчета электростатических эмиссионных пушек с криволинейным катодом Wcharge [1,2]. Данная программа позволяет осуществлять прецизионное математическое моделирование широкого класса электростатических эмиссионных пушек с криволинейным катодом, с учетом влияния пространственного заряда и разброса заряженных частиц по скоростям и углам вылета с поверхности катода.

В докладе описан предложенный метод параметрического анализа, позволяющий свести задачу проектирования электронных пушек к классической оптимизационной. Показано, что при учете технических ограничений, обусловленных электрической прочностью межэлектродных промежутков и использованием унифицированных конструктивных элементов и соединений число варьируемых параметров можно свести даже к двум. Получена зависимость радиуса сферической поверхности управляющего электрода от расстояния между катодом и центром этой поверхности, при выполнении которой обеспечивается формирование пучка с максимальным током и плотностью тока.

Литература

1. **Муравьев А.Г.** Математическое моделирование электронных пушек с катодом произвольной формы: Автореф. к.ф.-м.н. М.: МФТИ, 2001.
2. **Разработка** вычислительных методов и пакета прикладных программ для моделирования электронно-лучевых технологических установок / А.М. Филачев, С.В. Андреев, И.Ш. Белуга и др. // Прикладная физика. 1998. № 2. С. 5—18.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ДИАГНОСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ

Сегодня разработано множество способов определения пространственно-энергетических параметров электронного луча, они могут быть прямыми и косвенными [1—3]. Анализ возможностей существующих методов исследования пространственных характеристик электронных пучков позволил авторам разработать собственное аппаратно-программное решение. Так, за основу разработки было решено взять метод прямого измерения тока электронного пучка, то есть зондовый метод, поскольку он несет в себе минимальное число неконтролируемых факторов, оказывающих влияние на результат измерения. Кроме того, было поставлено условие неподвижности электронного пучка в процессе сканирования. Это условие позволяет исключить влияние аберраций, вызванных системой отклонения луча, а также динамических характеристик каналов управления током отклоняющих катушек и токов луча на результат измерения. И наконец, с целью обеспечения возможности работы системы диагностики с пучками мощностью более 2 кВт, было предложено проводить измерения распределений плотности тока в областях пространства, где пучок расфокусирован, а затем по результатам таких измерений в нескольких плоскостях, восстанавливать полное распределение плотности тока электронного пучка с помощью встроенной математической модели.

В докладе рассмотрена концепция автоматизированной диагностики технологических электронных пучков с применением разработанного датчика. Показано, как с помощью численной модели теплопередачи в элементах конструкции датчика были выбраны конструктивные параметры и режимы сканирования. Предложена схмотехническая организация системы измерения полезного сигнала и проведены расчеты выходных сигналов в различных режимах работы системы.

Литература

1. **Sanderson A.** Electron beam delineation and penetration // *British Welding J.* 1968. Vol. 15. No 10. P. 509—523.
2. **Назаренко О.К., Локшин В.Е., Акопьянц К.С.** Измерение параметров мощных электронных пучков методом вращающегося зонда // *Электрон. обраб. материалов.* 1970. № 1. С. 87—90
3. **Elmer J.W., Palmer T.A., Teruya A.T.** An Overview of the Enhanced Modified Faraday Cup (EMFC) // *2nd International Conference on Electron Beam Welding Aachen, Germany, January, 2012.*

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

СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРЫ ИНДУКЦИОННОЙ ТИГЕЛЬНОЙ ПЕЧИ С ПРОВОДЯЩИМ ТИГЛЕМ

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

Для выбора структуры регулятора печи проведена идентификация ИТП с проводящим тиглем как объекта системы управления с последующим встраиванием модели печи в структурную модель системы регулирования в MatLab/Simulink [1]. Создана модель в MatLab/Simulink, позволяющая выбрать структуру и параметры регулятора температуры загрузки с учетом добавления шихты в расплав металла.

На рис. 1 приведена экспериментальная кривая изменения температуры с учетом добавления медной шихты в расплавленный металл и максимальные величины размаха колебаний температуры — от 1140 до 1200 °С.

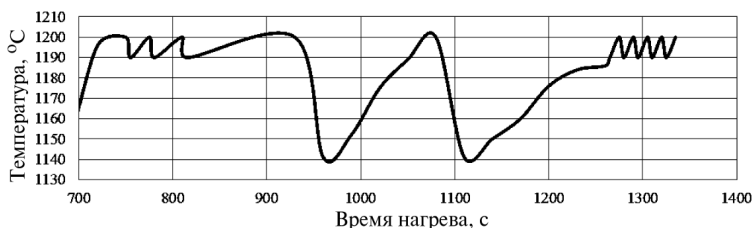


Рис. 1. График зависимости температуры от времени

Размах колебаний температуры в квазиустановившемся режиме в процессе регулирования — от 1190 до 1200 °С. Система полностью отрабатывает все возмущения, основным из которых является добавление шихты в расплавленный металл. Полученные данные с точностью не менее 5 % совпадают с теоретической кривой.

Литература

1. **Определение** характеристик индукционной тигельной печи для построения системы управления / А.Б. Кувалдин, М.А. Федин, А.О. Кулешов, И.Р. Агадуллин // Сборник материалов XII конференции «Энерго- и ресурсосбережение — XXI век». Орел, 2014. С. 70—72.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НАГРЕВА НЕМАГНИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ИНДУКЦИОННОЙ СИСТЕМЕ НА БАЗЕ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

В настоящее время нагреву изделий из немагнитных металлов в переменном магнитном поле, создаваемом вращающимися системами с постоянными магнитами, уделяется особое внимание. Это связано с тем, что в промышленности такие изделия нагреваются в установках индукционного нагрева в продольном переменном магнитном поле, имеющих электрический КПД, не превышающий 0,5 [1]. Привлекательностью нагрева таких изделий в поперечном вращающемся магнитном поле постоянных магнитов является его потенциальная возможность в достижении электрического КПД, равного 0,75—0,85 [2].

Из результатов численного моделирования, проведенного в программном комплексе ANSYS, видно, что с повышением скорости вращения и числа пар полюсов магнитной системы происходит увеличение скорости нагрева и максимального температурного перепада в изделии как прямоугольного, так и цилиндрического поперечного сечения. Это связано с возрастанием активной мощности, выделяющейся в нем. Следует отметить, что величина максимального температурного перепада растет с увеличением скорости вращения и числа пар полюсов, что связано с увеличивающейся частотой магнитного поля, проникающего в изделие и, как следствие, уменьшением глубины проникновения переменного электромагнитного поля, наведенного в изделии.

Полученные результаты для цилиндрического изделия хорошо коррелируют с экспериментальными данными, приведенными в [3].

Литература:

1. Алиферов А.И., Луци С. Индукционный и электроконтактный нагрев металлов: монография. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. 411 с.
2. Исследование энергетических параметров систем индукционного нагрева с магнитами / А.И. Алиферов, Р.А. Бикеев, А.В. Бланк и др. // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2014. № 1 (54). С. 122—127.
3. **Experimental** results of a 55 kW permanent magnet heater prototype / Proceedings of International Symposium HES-13: Heating by Electromagnetic Sources, Padua / M. Bertazzo, M. Bullo, F. Dughiero et al. Padua, 2013. P. 377—384.

А.К. Парфёнов, асп.; рук. М.Я. Погребисский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНТРОЛИРУЕМОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЗАГРУЗКИ В ВАКУУМНО-КОМПРЕССИОННОЙ ПЕЧИ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Печи, в которых термические процессы могут проводиться как в вакууме, так и при избыточном давлении, называются вакуумно-компрессионными [1].

Часто такие печи используются для пайки. Технологический процесс в этом случае включает в себя этапы нагрева, выдержки и контролируемого охлаждения, причем последний этап, когда происходит направленная кристаллизация и приобретаются необходимые характеристики соединения, является решающим для получения качественных паяных соединений.

Обеспечить сочетание высокой равномерности температурного поля и точного соответствия скорости охлаждения заданию позволяет правильный выбор конструкции системы обдува загрузки. Сюда входят конфигурация газопроводящих отверстий, требуемый расход охлаждающей среды, пространственное размещение входных и выходных отверстий, соответствующее геометрии печной камеры и расположению загрузки. Какие-либо рекомендации по выбору такого комплексного решения в литературе отсутствуют.

В предлагаемой работе процесс контролируемого охлаждения крупной загрузки в вакуумно-компрессионной печи для пайки исследуется методом математического моделирования с использованием конечно-элементного расчетно-программного комплекса ANSYS.

С учетом принятых допущений моделирование процесса контролируемого охлаждения загрузки в потоке газа сводится к решению задачи нестационарной теплопроводности с граничными условиями III рода, учитывающими конвективную и излучательную составляющие сложного теплообмена.

Процесс контролируемого охлаждения загрузки моделируется при трех различных вариантах пространственной конфигурации газопроводящих отверстий.

Результаты исследований могут быть использованы для выработки рекомендаций по проектированию вакуумно-компрессионных печей для крупных загрузок с контролируемым охлаждением в потоке газа.

Литература

1. **Лейканд М.С., Мальтер В.Л., Матковский К.А.** Вакуумно-компрессионные электрические печи. М.: Энергия, 1971. 88 с. (Библиотечка электротермиста; вып. 41).

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

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНДУКЦИОННЫХ ТИГЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ

Для получения конструкционных и легированных сталей, цветных металлов требуются индукционные тигельные печи (ИТП), которые должны соответствовать современным требованиям энерго- и ресурсосбережения. Начальный период плавки характеризуется значительным изменением электрических параметров загрузки кусковой шихты. Для эффективного использования ИТП необходимо учитывать эти параметры при реализации системы управления мощностью установки. Чтобы исследовать изменение электрических и энергетических характеристик, необходимо разработать математическую модель ИТП на стадии плавки кусковой шихты.

Математическая модель разработана с помощью современных САД и САЕ систем (создание геометрической модели и проведение электромагнитного и теплового расчетов). В качестве примера шихта представлена в виде совокупности металлических цилиндров (рис. 1), которые разбиты по высоте, что позволяет учитывать краевые эффекты в системе индуктор — загрузка [1, 2].

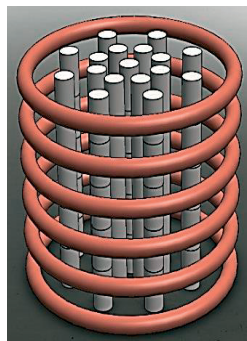


Рис. 1. 3D модель системы индуктор — загрузка

В результате расчета с использованием данной математической модели получены зависимости коэффициента мощности $\cos\varphi$ и электрического КПД $\eta_{эл}$ от температуры и размеров шихты. По этим данным можно получить регрессионные уравнения, представляющие собой зависимости электрических параметров системы индуктор — загрузка от температуры и размеров на начальном этапе плавки кусковой шихты, которые используются при построении и анализе системы автоматического регулирования режима работы ИТП.

Литература

1. Кувалдин А.Б., Федин М.А., Алферова Е.С.. Математическое моделирование индукционной тигельной печи с кусковой загрузкой // Энерго- и ресурсосбережение — XXI век, Орел. С. 58–60.
2. Kuvaldin A., Fedin M., Perov R. Development of the methods for calculating electromagnetic parameters of coreless induction furnaces in melting progress of lumpy charge. // XVIII International Symposium on Theoretical Electrical Engineering ISTET'15, Kolobrzeg, Poland, 2015. P. 79.

Секция 26

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ

Председатель секции — к.т.н., профессор М.А. Слепцов

Секретарь секции — к.т.н., доцент В.А. Глушенков

Д.П. Богату, студ.; рук. В.А. Глушенков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО СРЕДСТВА

Математическое моделирование всегда присутствовало во всех сферах жизни и науки, но в век компьютерных технологий этот вид моделирования поднимается на новую ступень. Исходя из уравнения движения автономного транспортного средства можно выделить три основные составляющие части модели его движения:

- тяговый электропривод, состоящий из системы управления, тяговой машины и механической трансмиссии, который является источником тяговой или тормозной силы;
- дорогу и окружающую среду как источник внешних сил, действующих на транспортное средство;
- само транспортное средство как эквивалентную инерционную массу, учитывающую как поступательное, так и вращательное движение его частей.

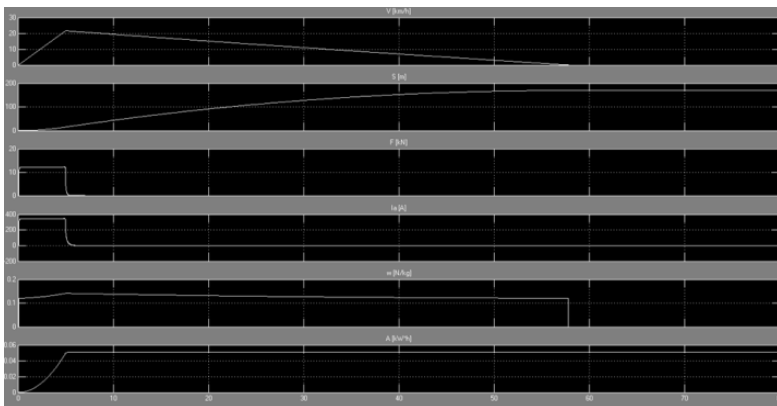


Рис. 1. Диаграммы движения транспортного средства

При моделировании в среде Simulink программы MatLab были использованы формулы [1] для всех составляющих сил движения и сопротивления движению. Результаты моделирования режима тяги отображены в виде диаграмм $V(t)$, $S(t)$, $F(t)$, $Ia(t)$, $W(t)$, $A(t)$ на рис. 1.

Эта модель нуждается в доработке в виде блоков, учитывающих режимы выбега и торможения, а также учета параметров характеристик электрических машин.

Литература

1. **Основы** электрического транспорта: учебник для вузов / М.А. Слепцов, Г.П. Долаберидзе, А.В. Прокопович и др.; под общ. ред. М.А. Слепцова. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 464 с.

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

НАИБОЛЕЕ РАЦИОНАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ ТЯГОВЫХ МАШИН ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

В последнее время на железные дороги многих стран мира поставляется электроподвижной состав с асинхронными тяговыми машинами (АТМ). Более 80 % мирового выпуска электроподвижного состава (ЭПС) обеспечивают четыре крупных фирмы-поставщика: Bombardier, Siemens, Alstom и Hitachi. С их участием за последние годы было создано большое количество тягового подвижного состава для различных систем электрической тяги, но все эти поезда имеют очень высокую стоимость.

Для тягового подвижного состава со скоростями движения менее 180 км/ч необходимые эксплуатационные показатели могут быть обеспечены тяговым приводом на основе коллекторных тяговых машин (КТМ).

Главный недостаток современной тяги постоянного тока (ПТ) — не в КТМ, а в некачественном управлении их работой и отсутствии рекуперации. Оно существенно снижает конкурентоспособность тяги ПТ. Более половины повреждений можно полностью исключить из практики эксплуатации электропоездов, если перейти на современные методы управления тягой ПТ, т.е. заменить на моторном вагоне морально устаревшую пневмомеханическую контакторную аппаратуру современными бесконтактными аппаратами, выполненными на основе силовой электроники отечественного производства.

Не нарушая и практически не изменяя проверенного жизнью дискретного алгоритма управления тягой ПТ, реостатно-бесконтактный контроллер поднимет его с пневмомеханического на электронный уровень по точности, стабильности и надежности исполнения.

Преимущества тяги с бесконтактными контроллерами:

- высокая точность и стабильность работы;
- возможность применения отечественных тиристоров и соответственно приемлемая стоимость;
- более высокая надежность по сравнению с тягой на основе АТМ и инверторов напряжения;
- отсутствие мешающих влияний на работу систем локомотивной сигнализации и связи;
- не требует мощных многотонных сглаживающих фильтров и дросселей в отличие от импульсных и инверторных систем тяги.

Г. Бурэн-Итгэл, асп.; рук-ли В.А. Пречисский, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»); Е.Ю. Логинова, д.т.н., проф. (МИИТ, Москва)

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА В СРЕДЕ SIMULINK MATLAB

Необходимость построения математической модели тягового электродвигателя (ТЭД) обусловлена задачами повышения надежности и ресурса электропривода локомотива. Энергетическая система тепловоза содержит ТЭД как объект управления тяговым моментом. В данной работе в приложении Simulink пакета MatLab разработана математическая модель энергетической цепи тепловоза, где в качестве объекта регулирования рассматривается ТЭД, а в качестве контролируемой величины — ток тягового двигателя. В основе моделирования энергетической системы ТЭД лежит дифференциальное уравнение динамического состояния ТЭД:

$$u = i(R_{\text{я}} + R_{\text{ОВ}} + R_{\text{ОДП}}) + (L_{\text{я}} + L_{\text{ОВ}} + L_{\text{ОДП}}) \frac{di}{dt} + e, \quad (1)$$

здесь u — мгновенное значение выпрямленного напряжения; i — мгновенное значение тока двигателя; R — активные сопротивления цепи ТЭД (якоря, обмотки возбуждения, обмотки добавочных полюсов); L — индуктивность цепи ТЭД; e — противо-ЭДС двигателя.

В качестве исходных данных для получения характеристик были использованы параметры ТЭД типа ЭДУ-133 номинальной мощностью 365 кВт. Расчет выполнялся для номинального режима с напряжением на входе цепи 509 В. Для стабилизации значения тока в цепи двигателя использовались регуляторы трех типов: ПИ-регулятор; ПИД-регулятор, ПД-регулятор. Блоки ПИ-, ПИД-, ПД-регуляторов принимались из библиотеки Simulink/Discrete.

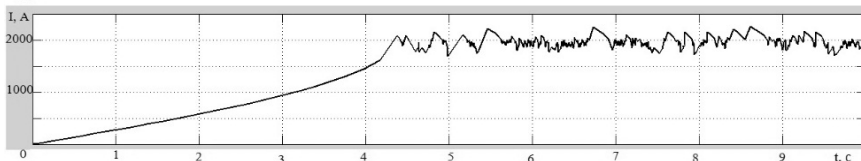


Рис. 1. Результаты моделирования переходного процесса в цепи ТЭД при подключении номинальной нагрузки

Результаты моделирования показали, что для повышения устойчивости работы системы наилучшим образом подходит ПД-регулятор. При его использовании амплитуда колебания тока не превышает 250 А. В том случае, если в цепи двигателя устанавливается ПИД-регулятор, отклонение амплитуды тока от установившегося значения составляет 390 А, а при ПИ-регуляторе — 400 А.

Г. Бурэн-Итгэл, асп.; рук-ли В.А. Пречисский, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»); Е.Ю. Логинова, д.т.н., проф. (МИИТ, Москва)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРИ ПОТЕРЕ СЦЕПЛЕНИЯ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ

Актуальной задачей защиты тепловоза является предотвращение боксования. Для восстановления сцепления колесной пары напряжение на ТЭД должно снижаться, чтобы обеспечить уменьшение тягового момента.

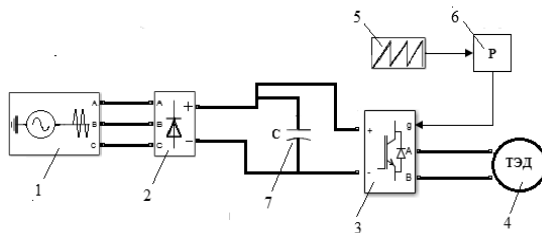


Рис. 1. Энергетическая цепь локомотива

Источником электрической энергии на тепловозе (рис. 1) является тяговый синхронный генератор 1 с двумя статорными обмотками. Регулирование напряжение на ТЭД 4 реализуется методом ШИМ с помощью блока электронных ключей 3. Управление ключами блока ШИМ осуществляется регулятором 6 по сигналу, поступающему с генератора пилообразного напряжения 5. Емкостной накопитель энергии 7 обеспечивает нормальный режим функционирования блока ключей при их коммутации. Для предотвращения боксования микропроцессорная система управления тепловоза должна быть оборудована модулем, реализующим алгоритм управления напряжением при внезапной потере сцепления. Наилучшие показатели переходного процесса в энергетической системе получаются, если использовать ПИД-регулятор с передаточной функцией

$$W(p) = 0,0615 + \frac{0,00337}{p} + \frac{0,247}{0,0046 + 1/s}.$$

В докладе приведены результаты моделирования при боксовании. При возрастании разности скоростей боксующей и небоксующей колесных пар меняется полярность пилообразного напряжения, управляющего транзисторами моста энергетической цепи двигателя, связанного с боксующей колесной парой, скажность напряжения на двигателе увеличивается, а момент снижается. В результате тепловоз будет двигаться с пониженным моментом на боксующем колесе, но его скорость вращения возрастать не будет.

РАЗРАБОТКА ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ С ЗАЩИТОЙ ПИТАЮЩИХ ФИДЕРОВ

Городской электрический транспорт является одной из важнейших составляющих системы жизнеобеспечения любого крупного города. При большом каждодневном пассажирообороте выход из строя любого элемента системы электроснабжения может привести к серьезным последствиям. В процессе эксплуатации системы электроснабжения часто возникают различного рода повреждения и аварии, из которых наиболее неприятными являются так называемые короткие замыкания (КЗ).

По степени удаленности различают КЗ вблизи подстанции и удаленные. При КЗ вблизи тяговой подстанции величина токов достигает десятков килоампер. При замыкании в удаленной от подстанции точке величина токов КЗ сопоставима с токами нагрузки, эти токи называют малыми токами КЗ. Возникает опасная аварийная ситуация: отключения поврежденного участка не происходит, ток КЗ, продолжительное время протекая в тяговой сети, вызывает ее чрезмерный нагрев, что в свою очередь приводит к провисанию или даже «отжигу» контактных проводов, а в некоторых случаях и к повреждению оборудования подстанции. Таким образом, такой вид КЗ является наиболее неприятным и опасным, так как ведет к серьезным экономическим последствиям, связанным с восстановлением поврежденного участка и оборудования. Кроме того, в месте замыкания может возникнуть электрическая дуга, что только увеличит масштабы повреждения и создает угрозу человеческой жизни [1].

На основании значений токов короткого замыкания в контактной сети рассмотрены возможные варианты защит сети от малых токов короткого замыкания, а именно токово-импульсная защита и токовая линейная защита [2]. Однако потребуются анализ схем защиты для организации селективного действия систем защит фидеров, а также для выполнения условия, при котором защита срабатывает при появлении малых токов короткого замыкания, но не реагирует на нормальную работу пусковых режимов.

Литература

1. **Загайнов Н.А.** Тяговые подстанции городского электрического транспорта: учебник для вузов. М: Высшая школа, 1970.
2. **Слепцов М.А.** Основы электрического транспорта. М.: Издательство «ACADEMA», 2006.

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

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ТЯГОВЫХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОВЗОВ С АСИНХРОННЫМИ И КОЛЛЕКТОРНЫМИ ТЯГОВЫМИ МАШИНАМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

На тягу поездов ежегодно расходуется более 35 млрд кВт·ч электроэнергии. Снижение удельного потребления электроэнергии локомотивами могло бы снизить эксплуатационные расходы и издержки ОАО «РЖД» [1].

Сегодня некоторые специалисты считают, что улучшение энергетических показателей электровозов может быть достигнуто только за счет освоения производства локомотивов новых серий с усовершенствованными системами тягового электропривода (ТЭП). Однако известно, что, как правило, они обеспечивают рост расхода электроэнергии. В частности, это подтверждается результатами эксплуатации новейших пассажирских двухсистемных электровозов с асинхронными тяговыми машинами (АТМ) ЭП20, для которых, как ни странно, разработчиками заявлено низкое потребление энергоресурсов.

Выполненный в работе анализ удельного расхода электроэнергии показал, что их низкие энергетические показатели в значительной мере обусловлены завышенной мощностью ТЭП и использованием работы с малыми силами тяги при высоких скоростях движения. Обзор зарубежной технической железнодорожной литературы свидетельствует о том, что на сегодняшний день существуют различные модели электровозов с АТД с КПД выше на 0,5—1,5 %.

Поэтому для снижения удельного расхода электроэнергии целесообразно использовать следующие изменения:

- увеличить число вагонов до 20÷24 и использовать при движении в тяге скорости выше 80 км/ч;
- применять отключение одной или нескольких осей электровоза при работе ЭП20 с мощностью меньше часовой на 30 %, что в части случаев нецелесообразно из-за неполного использования мощностных возможностей электровоза;
- использовать традиционные конструктивные решения, такие как модернизация схемы силовых цепей с целью повышения эксплуатационного КПД электровоза.

Все это позволит, как планируется, снизить удельные расходы электроэнергии на тягу электровоза ЭП20 более чем на 10 %.

Литература

1. **Гапанович В.А.** Энергосбережение на железнодорожном транспорте. М.: «Интехэнерго-Издат», «Теплоэнергетик», 2014.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ БЫСТРОЙ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОБУСОВ

Для развития и популяризации электромобилей и электробусов в Москве необходимо создать сеть зарядных станций быстрого заряда. Если зарядные станции быстрого заряда для электромобилей уже созданы в России, то зарядные станции быстрого заряда для электробусов необходимо создать. Первый этап — это определение критериев для проектирования зарядного устройства (ЗУ) для таких станций.

Жесткие и часто взаимоисключающие требования по разработке зарядных устройств приводят к необходимости выбора критериев, по которым проводится оптимизация при проектировании ЗУ. В частности, ЗУ для быстрой зарядки электробусов должно обладать способностью за минимальное время зарядить аккумуляторные батареи на 80 %.

К основным критериям [1], по которым проводится оптимизация, относятся время заряда емкостного накопителя, КПД, массогабаритные характеристики ЗУ.

Рассматривается идеализированная модель ЗУ. Такой моделью может быть четырехполюсник, воздействуя на внутренние параметры которого можно получить различные временные функции входного и выходного токов. Основной задачей, которую позволяет решить модель, построенная на базе четырехполюсника, является определение зарядного режима, оптимального с точки зрения КПД [2]. Ведь минимального времени заряда от источника с ограниченной мощностью можно достичь при потреблении максимально допустимой мощности с максимально возможным КПД ЗУ.

Анализируя формулу итогового КПД, можно понять, что максимального КПД можно достичь при постоянстве входного и выходного токов. Таким образом, для достижения максимального КПД преобразователь в начальный отрезок времени должен запасать энергию, чтобы в конце заряда отдать запасенную энергию для поддержания тока заряда.

Полученные результаты показывают, что ЗУ, кроме преобразователя, согласующего источник энергии и аккумуляторную батарею, должен содержать дополнительные реактивные элементы, запасующие энергию и поддерживающие на одном уровне в течение процесса заряда входную и выходную мощности.

Литература

1. **Разработка** систем заряда емкостных накопителей энергии / Ю.И. Болотовский и др. // Силовая электроника. 2008. № 4. С. 49—56.
2. **Накопители** энергии / Д.А. Бут и др. М.: Энергоатомиздат, 1991. 400 с.

И.В. Косыркин, студ.; рук. В.А. Глушенков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ТРАСПОРТНОЕ СРЕДСТВО С НАКОПИТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ

Для решения проблем экологии городов, требований повышенной энергоэффективности тяговых электроприводов и обеспечения живучести транспортных средств в пробках на них устанавливаются накопители энергии в виде аккумуляторных батарей или суперконденсаторов.

Оптимизация установленного накопителя энергии осуществляется из технических требований к транспортному средству. С помощью тяговых расчетов определяется необходимая запасенная энергия накопителя энергии по требованиям технического задания. Энергоэффективность тягового привода определяется также и полным использованием энергии торможения транспортного средства в зависимости от профиля пути.

Тяговые расчеты могут осуществляться с помощью применения пакета MatLab и его модуля Simulink, а также специальных разработанных программ на кафедре. При этом, используя прикладные средства расчета, в MatLab можно моделировать отдельные функциональные узлы и изучать работу системы в целом, задавая различные режимы работы транспортного средства.

В качестве расчетного цикла для определения основных параметров накопителя и тягового электрооборудования транспортного средства применяются стандартные перегоны, установленные в ГОСТ для городского электрического транспорта и стандартные европейские циклы для автобусов.

При выборе накопителя энергии необходимо также учитывать энергию, необходимую для обеспечения не только тяговой составляющей, но и потребления на собственные нужды, обычно составляющие до 15 %.

Потребление энергии, связанные с комфортными условиями поездок (кондиционирование и отопление), могут быть учтены при выборе емкости накопителя при условии, если они оговорены в технических условиях в автономном режиме движения, так как они могут составлять 50 % и более энергии от затрат на тягу.

Из проведенных расчетов для стандартного перегона троллейбуса полной массой 17 т минимальная запасенная энергия без учета затрат на создание комфортных условий перевозок должна быть не менее 1,8 МДж (0,5 кВт·ч).

Е.С. Малько, асп.; рук. В.Д. Тулупов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ.»)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЯГОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕТРОПОЕЗДОВ С АСИНХРОННЫМИ И КОЛЛЕКТОРНЫМИ ТЯГОВЫМИ МАШИНАМИ

Сегодня большая часть отечественных метропоездов (МП) оборудована коллекторными тяговыми машинами (КТМ) постоянного тока (ПТ), которые хорошо себя зарекомендовали в эксплуатации. Однако в последние годы некоторыми специалистами активно пропагандируется тезис об их плохих тягово-энергетических показателях, для обоснования которого используются показатели МП с КТМ разработки почти вековой давности — с реостатным пуском и реостатным же торможением, и показатели МП с АТМ разработки последнего времени, хотя известные испытанные в эксплуатации технические решения с гораздо лучшими тягово-энергетическими показателями, не уступающими показателям МП с АТМ ни по энергетике, ни по тяговым свойствам.

Предложенная МЭИ энергосберегающая система тягового электропривода (ЭС ТЭП) имеет энергетические показатели лучше, чем у МП с АТМ [1]. Выполненные ВНИИЖТ исследования показали, что электровозы с АТМ имеют худшие тяговые свойства по сравнению даже с ЭПС постоянного тока с КТМ последовательного возбуждения.

Вместе с тем тяговые свойства последнего могут быть существенно улучшены при замене последовательного возбуждения ТМ независимым [2] за счет повышения динамической жесткости тяговых характеристик до уровня, не уступающего этому показателю ВМ с АТМ, и снижения разброса сил тяги обмоторенных осей или даже их регулирования с учетом изменения нагрузки от колесных пар МП на рельсы.

Литература

1. **Тулупов В.Д.** Тяговый электропривод постоянного тока с наилучшими технико-экономическими показателями // Сб. «Электросила». СПб. 2002. № 41. С. 196—210.
2. **Мугинштейн Л.А., Кучумов Л.А., Назаров О.Н.** О выборе типа тягового электропривода электроподвижного состава // Железнодорожный транспорт. 2005. № 5.

А.Э. Смирнова, студ.; рук. М.А. Слепцов, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

УСИЛЕНИЕ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГЭТ С НОВЫМ ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ

Низкопольный трамвай — разновидность наземного либо наземно-подземного легкорельсового транспорта. Новый трамвай Pesa Twist обладает увеличенной мощностью тяговых машин.

Низкопольный трамвай Pesa Twist совмещает в себе следующие преимущества:

- сравнительную дешевизну строительства;
- удобство для инвалидов, пожилых, пассажиров с детскими колясками;
- более быструю посадку и высадку;
- большую степень надежности и комфортабельности.

Исследованы возможности и пути усиления тягового электроснабжения ГЭТ при использовании современного ЭПС с увеличенной мощностью тяговых машин. Проведено сравнение двух видов трамвая — Татра-ТЗ и Pesa Twist, из чего выявлена необходимость увеличения мощности подстанций в пусковых режимах нескольких поездов на участке между секционными изоляторами.

Выполнен проект тяговой подстанции с учетом тяговых нагрузок и токов короткого замыкания, проведен выбор основного электрооборудования тяговой подстанции [1].

Расчет токов питающих фидеров выполнен методом мгновенных схем при одновременном пуске нескольких трамваев обоих типов электроподвижного состава. По полученным результатам выявлена необходимость применения быстродействующих выключателей с повышенной коммутационной устойчивостью и большими токами уставки. В заключение приведены возможные варианты усиления тягового электроснабжения.

Литература

1. **Загайнов Н.А.** Тяговые подстанции городского электрического транспорта. М.: Высшая школа, 1970.

ЭФФЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОКА В ОБМОТКАХ ВОЗБУЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ МАШИН ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Практически на всех отечественных электропоездах (ЭП) постоянного тока используется одноступенчатый реостатный пуск с постоянным последовательным включением всех четырех тяговых машин (ТМ) каждого моторного вагона (МВ). Такая схема силовых цепей имеет существенные преимущества: простота схемы и, следовательно, коммутирующей аппаратуры, а также повышение надежности работы электрооборудования МВ. Однако она ухудшает энергетику ЭП из-за больших потерь в пусковых резисторах и малой эффективности рекуперации. Значимость этих недостатков для ухудшения энергетики пуска и торможения снижается при росте технической скорости движения V_T .

ОАО «ВНИИЖТ» в разработке тягового электропривода (ТЭП) ЭП с рекуперативно-реостатным торможением (РРТ) рекомендовало при оценке их энергетики принять $V_T = 70$ км/ч. При этом реостатные потери (РП) составляют незначительную часть общих потерь энергии в ТЭП, что и обусловило использование в ТЭП новых ЭП одноступенчатых пуска и РРТ. Реально V_T росла слабо и до сих пор остается в пределах 55 км/ч. При этом пусковые РП эксплуатируемых ЭП составляют порядка 20 % расхода энергии на тягу. Ухудшаются и показатели рекуперации. Это обусловило необходимость поиска путей улучшения энергетики ЭП с РРТ. Результатом стало создание энергосберегающей системы ТЭП, обеспечивающей уменьшение РП в 4 раза, до 5 %, что достигается реализацией двухступенчатого пуска: сначала последовательным включением всех восьми ТМ двух МВ, а затем переключением их в две параллельные цепи по четыре последовательно включенные ТМ [1]. Этим реостатные потери при пуске уменьшаются вдвое — до 10 %.

Энергосберегающий алгоритм пуска с перегруппировкой ТМ с последовательного на последовательно-параллельное соединение исключает реостатные потери, уменьшая пусковые РП до 5 % [2].

Многократное регулирование токов в обмотках возбуждения ТМ рационально осуществлять изменением сопротивления резисторов в их цепях.

Литература

1. Тулупов В.Д. Тяговый электропривод постоянного тока с наилучшими технико-экономическими показателями // Сб. «Электросила». СПб. 2002. Вып. 41.
2. Тулупов В.Д., Ляпунова Н.Д., Марченков А.П. Способ регулирования силы тяги моторных вагонов // АС СССР № 1324882 от 22 марта 1987.

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

*A. Dib, stud.; supr. T. Chalhoub, PhD, ass. of prof.
(Lebanese University, Beirut, Lebanon)*

BIOGAS INTEGRATION INTO COMBINED POWER GENERATION CYCLE

Utilization of renewable energy has become crucial and it is expected to increase significantly in the near future. Therefore, there is a need to improve the thermal power plants performance using renewable energy forms such as biogas.

In another hand, Lebanon has no organized system of waste removal: disposal and waste accumulation increase around towns and villages. Growth in population and also in per capita consumption has led to a dire need for improved waste management strategies. With a total production of 250 thousand tons per year of municipal solid waste (MSW) in North Lebanon area, or a per-capita generation rate of 0.8 kg/day, an array of waste management methods must be employed.

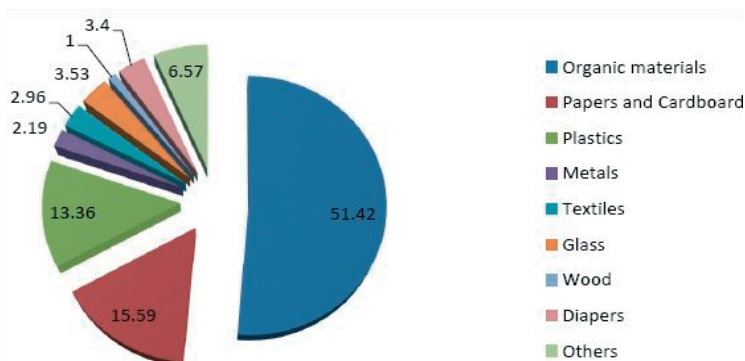


Fig. 1. North Lebanon waste composition

Using anaerobic digestion method, an amount of 18500 m³ of methane is daily recuperated and used in the auxiliary boiler of the North Lebanon Power Plant (Deir Ammar Plant).

This quantity of methane will be burned instead of fuel oil which will decrease the fuel consumption in the plant.

Finally, North Lebanon organic waste can generate an additional power of 3.4 Mw with many other benefits including the environmental solution for the municipal solid waste in the considered area.

References

1. United Nations Development Program — www.undp.org.lb
2. International Labor Office [Электронный ресурс].
3. Sweep-Net - the regional solid waste exchange of information and expertise network [Электронный ресурс].

Р.А. Анисимов, студ.; рук. Н.В. Озерова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ») А.Н. Озеров, маг.; рук. Ю.В. Родионов, д.т.н., проф. (ПГУАС, г. Пенза)

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЦИКЛИНГА ОТХОДОВ АВТОТРАНСПОРТА

Деятельность автотранспортного предприятия (АТП) связана с процессами технического обслуживания и ремонта автомобилей. Основными отходами такого предприятия являются сточные воды (растворители, нефтепродукты, взвеси) и твердые отходы, вывозимые для захоронения на полигоны и свалки или передаваемые на переработку и захоронение другим предприятиям.

В среднем на одно автотранспортное средство (АТС) приходится по 100 кг отходов в поверхностные воды в год. Объем твердых отходов, вывозимых с АТП на захоронение и свалки, составляет порядка 250 кг на одно АТС. Объем отходов, передаваемых АТП на дальнейшую обработку другим организациям, составляет на одно АТС порядка 900 кг в год, в том числе: лом черных металлов — 38 %, осадок очистных сооружений — 31 %, автопокрышки — 20 %, отработанные масла — 9 %, лом аккумуляторных батарей — 2 % [1].

Нами был проведен расчет, согласно которому только вторичное использование резины позволяет получить прибыль более 200 руб. с одного АТС, черного лома — более 1200 руб. [2, 3], а регенерация отработанного масла позволяет сэкономить не менее 80 руб. с одного АТС. На первый взгляд, прибыль небольшая. Однако на базе АТП возможно осуществлять авторециклинг частных АТС.

Наблюдающееся в последние годы увеличение парка личных АТС в России, а также прогрессирующее старение автопарка ставит создание системы авторециклинга в число первоочередных государственных задач.

Литература

1. **Графкина М.В., Михайлов В.Л., Иванов К.С.** Экология и экологическая безопасность автомобиля: учебник М.: Форум, 2009.
2. **Озерова Н.В., Озеров А.Н., Родионов Ю.В.** Отработанные автошины как топливно-энергетический ресурс // Сборник научных трудов межвузовской НТК аспирантов и студентов «III Арэфьевские чтения. Наука, культура, техника, общество: Россия и мировой инновационный опыт». М.: НИУ «МЭИ», 2015.
3. **Озерова Н.В., Кренева А.А.** Эколого-экономическая эффективность переработки автошин автовладельцев г. Одинцово // Сборник научных трудов. Вып. 15. «Актуальные проблемы экологии и природопользования». М.: ФГБОУВПО «Российский университет дружбы народов», 2015.

А.А. Бакулина, студ.; рук. И.В. Королев, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАГОРОДНЫХ ДОМОВ

Целью данной научно-исследовательской работы являлись проектирование загородного дома с автономным энергообеспечением от солнечных батарей и определение местностей на территории Российской Федерации, являющихся наиболее актуальными для осуществления данного проекта.

Для расчета и анализа были взяты пригороды трех городов на территории РФ: Судака, Находки и Москвы.

В ходе работы был проведен расчет валовых ресурсов солнечной энергетики [1] в трех данных точках для среднесуточных и месячных расчетных интервалов; расчет КПД солнечных батарей при различных погодных условиях; рассчитано (на основе статистических данных) среднее значение [кВт·ч/мес], требуемое для обеспечения электроэнергией загородного дома. Также были проведены анализ различных видов солнечных батарей и их выбор по наиболее оптимальному соотношению цена-качество.

Исходя из полученных результатов сделаны выводы: наиболее актуальным для реализации проекта является пригород г. Судака, так как при наибольшей дозе среднегодовой суммарной солнечной радиации ($4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2/\text{день}$) и в связи с климатическими условиями (среднегодовая температура $+11,9 \text{ }^\circ\text{C}$) требуется меньше энергозатрат на отопление, следовательно, нужна меньшая площадь солнечных батарей. В связи с нехваткой электроэнергии в Крыму этот регион наиболее актуален для осуществления данного проекта.

Наименее подходящим регионом является пригород г. Москвы (среднегодовая температура составляет $+5,8 \text{ }^\circ\text{C}$), так как при наиболее высоких энергозатратах на обогрев дома в этом регионе наиболее низкая доза среднегодовой суммарной солнечной радиации ($2,72 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2/\text{день}$). В данной местности при установке солнечных батарей для электроснабжения загородного дома необходим еще какой-либо дополнительный источник электроэнергии.

Также в работе были раскрыты социально-экологические и экономические аспекты данной тематики.

Литература

1. **Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В.** Солнечная энергетика. М.: Издательский дом МЭИ, 2011.

Г.С. Грачёв, студ.; рук-ли А.Ф. Монахов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»);
Т.Т. Кондратенко, к.т.н., с.н.с. (НИФХИ, Москва)

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДЕТЕКТОР ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ СРЕД

В настоящее время для предотвращения аварий на АЭС и радиохимических объектах разрабатываются автоматические системы контроля, предполагающие получение информации о характеристиках ионизирующих газов и жидкостей. К таким характеристикам относятся мощность дозы, объемная активность, скорость потока, распределение радионуклидов по сечению потока и др. Сложность получения такой информации заключается в необходимости постоянного контроля потока при значительных изменениях указанных характеристик. Используемые в настоящее время детекторы на основе плоских полупроводниковых пластин, расположенных на цилиндрической оболочке, отличаются трудоемкостью изготовления и низкой надежностью.

В связи с этим предложено в качестве чувствительного элемента использовать полый полупроводниковый цилиндр — трубчатый полупроводниковый детектор (ТПД), через который пропускаются потоки ионизирующих газов или жидкостей.

Поскольку ТПД содержит коаксиальные *p-n*-переходы, площадь которых ограничена только диаметром выпускаемого кремния, то в качестве основного режима работы ТПД был выбран режим генерации ЭДС ионизирующим излучением [1]. Это позволило отказаться от источников дополнительного питания при контроле мощности дозы и объемной активности.

Для контроля скорости потока ионизирующей жидкости было предложено несколько способов:

- получение прерывистого сигнала, что требует использования нескольких ТПД или секционирования ТПД;
- использование эффекта накопления дозы (в этом случае требуется сорбирующий элемент);
- измерение температуры ТПД под действием конвективных потоков.

Таким образом, в результате проделанной работы была показана реальная возможность использования ТПД не только для контроля параметров ионизирующего излучения, но и для контроля гидродинамических характеристик потока.

Литература

1. Бараночников М.Л. Приемники и детекторы излучений. М.: ДМК Пресс, 2012.

*А.С. Журавлёва, учаш. (школа № 2126, Москва);
рук. В.В. Скибенко, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАЙОНА г. МОСКВЫ

В начале XXI века Москва являлась территорией экологического бедствия. В мегаполисе было около 60 зон экологического риска, где загрязняющие токсичные вещества пятикратно превышали предельно допустимые концентрации (ПДК). С 1995 года Москва, как и Санкт-Петербург, входят в приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения воздуха (по индексу загрязнения атмосферы). Однако сильное загрязнение охватывает не все районы.

Начиная с 1992 года по итогам мониторинга ежегодно изучаются государственные доклады «О состоянии окружающей природной среды» как в РФ, так и по регионам. В докладах приведены анализ качества атмосферы, гидросферы и литосферы, приведены данные по шумовому и радиационному загрязнению, а также виды заболеваемости по каждому региону [1].

В последние 10 лет такая информация не публикуется, поэтому сложно определить динамику состояния окружающей природной среды по годам в местах проживания.

Целью исследования является изучение динамики загрязнений биосферы за 20 лет (1995—2015 гг.) на примере района Перово Москвы. Комфортность проживания определяли по следующим критериям: состояние атмосферного воздуха, шумовая нагрузка, радиация, влияние электромагнитных полей, состояние водопроводной воды, загрязнение почвы.

В работе были исследованы 15 точек микрорайона Перово вблизи домов проживания по показателям СО, шума, радиации, проведены исследования почвенного покрова на содержание тяжелых металлов (железо, медь, кадмий, свинец) и нитратов. Исследована питьевая вода в школе № 2126 (рН, общая щелочность, жесткость, а также содержание хлоридов, кислорода и железа) [2]. Выполнен сравнительный анализ полученных в 2015 году показателей с аналогичными показателями 2005 года. Выявлена тенденция уменьшения суммарной антропогенной нагрузки, которая является интегральным показателем состояния окружающей природной среды микрорайона Перово.

Литература

1. **Государственные** доклады о состоянии окружающей природной среды г. Москвы в 1995—2014 гг. М.: НИА-Природа, РЕФИА.

2. **Экология** Москвы и молодёжная экологическая политика: Сборник материалов и докладов. М., 2009.

*Т.А. Короткова, учаш. (школа № 2126, Москва);
рук. Р.Н. Рамазанов, асп. (НИЯУ МИФИ, Москва)*

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАМП, ИСПОЛЗУЕМЫХ В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ

Ассортимент бытовых ламп постоянно расширяется. Покупателю сложно ориентироваться в многообразии ламп, поэтому работа, в которой сравнивают характеристики ламп, является актуальной.

Цель работы — определение типа ламп, оптимального по набору параметров безопасности для окружающей среды и здоровья человека. Поставлены задачи: выбрать типы ламп для исследования, определить оцениваемые характеристики, подготовить лабораторные установки, провести измерения и расчеты, сравнить полученные значения с заявленными производителем, оценить безопасность эксплуатации и утилизации ламп [1].

Были выбраны лампы, эквивалентные по световому потоку лампе накаливания мощностью 40 Вт. Для исследования были собраны две установки. Первая позволяет определять мощность, коэффициент пульсации и эффективность светоотдачи (в относительных единицах) и состоит из корпуса, патрона, мультиметра DT890B+, вольтметра Э545, четырех датчиков освещенности, КПК Palm, интерфейса imagiworks, регистратора данных Trilink, ЭВМ. Вторая позволяет определять спектральный состав и фотографировать наблюдаемые спектры и состоит из спектроскопа двухтрубного, трубки спектральной с гелием, прибора «Спектр-1», выпрямителя В 4-12, прибора «Фотон», двух лазерных указок, веб-камеры Genius iLook 1321, ЭВМ. Спектроскоп был откалиброван на эталонных источниках света - определялись ширина областей испускания и «провалов», длины волн спектральных линий. Также оценивались средняя стоимость и безопасность эксплуатации и утилизации ламп. Состав отходов, класс опасности, время разложения в природе, срок службы определялись по [2, 3].

Полученные результаты были представлены в численном и графическом виде. Анализ результатов показывает, что наиболее безопасной и эффективной лампой является светодиодная. Она проигрывает только в средней стоимости. Но стоимость светодиодных ламп с учетом времени эксплуатации до выхода из строя сравнима с лампами-конкурентами.

Литература

1. **Монахов А.Ф.** Расчет производственного освещения. М.: Издательство МЭИ, 2002.
2. **Измеров Н.Ф.** Физические факторы производственной природной среды. Гигиеническая оценка и контроль. М.: Медицина, 2003.
3. **Корнеева Т.П.** Градуировка спектроскопа и определение длин волн спектральных линий. Общий физический практикум. М.: СУНЦ МГУ, 2008.

КОЭФФИЦИЕНТ ИНТЕНСИВНОСТИ МЕТАБОЛИЗМА В ХВОЕ СОСНЫ В ПАРКАХ МОСКВЫ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Для проведения объективной оценки влияния антропогенного воздействия на уровень метаболических процессов в хвое сосны обыкновенной введен дополнительный коэффициент, показывающий соотношение процессов ассимиляции и диссимиляции в хвое сосны обыкновенной.

В качестве коэффициента интенсивности метаболизма (КИМ), определяющегося по формуле (1), принято отношение показателя содержания хлорофилла (мг/1г) в хвое сосны обыкновенной к показателю активности каталазы (см³ О₂ 1 г/2 мин) в этом же субстрате:

$$\text{КИМ} = \frac{a_{\text{мг/1г}}}{\text{в см}^3 \text{ О}_2 \text{ 1 г/2 мин}} = \frac{a_{\text{мг хлороф}}}{\text{в см}^3 \text{ О}_2}, \quad (1)$$

где a — численное значение содержания хлорофилла в 1 г абсолютно сухой хвои; b — значение активности каталазы в 1 г абсолютно сухой хвои.

Введение коэффициента метаболизма в тканях ассимиляционных органов сосны обыкновенной позволяет выявить в них закономерное возрастание интенсивности обменных процессов, что характеризует направленность гомеостаза на восстановление нарушений в биологических системах, вызванных влиянием аэротехногенных поллютантов.

Согласно полученным данным КИМ сосны в парке Измайлово: 1-го года жизни — 0,936; 2-го года жизни — 1,462; вблизи поселка имени Цюрупы составляет 1-го года жизни — 0,945; 2-го года жизни — 0,997; в Кузьминском : 1-го года жизни — 1; 2-го года жизни — 1,03.

Результаты исследования позволяют сделать следующие выводы:

- коэффициент интенсивности метаболизма (КИМ) в хвое сосны первого года жизни, как правило, приближается к единице и на всех участках он снижен по сравнению с таковым второго года жизни.

- самое высокое значение показателя КИМ выявлено у хвои второго года жизни у деревьев на территории Измайловского парка, при этом есть основание полагать, что интенсивность метаболизма сказывается на продолжительности жизни ассимиляционных органов сосны: в Измайловском парке — 2,5 года; в лесу поселка им. Цюрупы — 3,5 года; в Кузьминском лесопарке — 3 года.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АТТЕСТАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА

С января 2014 года аттестация рабочих мест (АРМ) по условиям труда на рабочих местах заменена на специальную оценку условий труда (СОУТ). В работе был проведен сравнительный анализ аттестации рабочих мест и специальной оценки условий труда с последующим выявлением преимуществ и недостатков вышеназванных методик.

В СОУТ сокращается количество оцениваемых факторов производственной среды и трудового процесса, а также снижается количество оцениваемых показателей .

Травмоопасность в СОУТ на рабочем месте не подлежит измерениям, поскольку на все эксплуатируемое на данном предприятии производственное оборудование, машины, механизмы, инструменты и приспособления, технологические процессы, вещества, материалы, сырье работодатель должен предоставить декларации о соответствии и (или) сертификаты соответствия согласно установленным требованиям. Следовательно, все оборудование прошло сертификацию и измерение травмоопасности не актуально.

Оценка эффективности используемых средств индивидуальной защиты может проводиться на рабочих местах, где установлены вредные условия труда с целью снижения класса вредности условий труда на одну ступень.

В большинстве случаев общая оценка условий труда с класса 3 (вредные) превращается в класс 2 (допустимые). Этот факт приводит к тому, что при поступлении на аттестованное с классом 2 рабочее место по СОУТ, работник не будет получать льготы, установленные на основании результатов предыдущей аттестации рабочих мест. Кроме того, происходит сокращение страховых взносов в Пенсионный фонд Российской Федерации.

В.С. Пеньков, студ.; рук. Е.В. Фёдорова, к.м.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПРОФИЛАКТИКА РЕПРОДУКТИВНОЙ ПАТОЛОГИИ У РАБОТНИКОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В связи с критической демографической ситуацией — снижением рождаемости и увеличением смертности — большую социальную значимость за последние десятилетия в РФ приобретает проблема сохранения трудового потенциала. Поэтому охрана репродуктивного здоровья населения является важнейшим направлением государственной политики. В России химическая промышленность — одна из ведущих в стране, а работа на химических предприятиях связана с определенными рисками для здоровья, в частности и для репродуктивной функции.

Условия труда на современных химических производствах не обеспечивают безопасности репродуктивному здоровью работниц. Ведущим неблагоприятным фактором является загрязнение воздуха рабочей зоны химическими веществами. Степень зависимости патологии от условий труда увеличивается вместе с повышением класса условий труда [1].

В работе представлены сведения о производственных факторах, нарушающих репродуктивную функцию у работниц химического производства. Приведены данные по основным направлениям профилактики репродуктивного здоровья. Рассмотрена международная стратегия действий по химической безопасности. На ее основе была разработана национальная база данных репротоксикантов, которая имеет большую практическую ценность, так как может быть использована как работодателем, так и работниками с целью информирования о возможных рисках.

Национальная база данных включает описание физико-химических свойств веществ и особенностей биологического воздействия на репродуктивную систему людей и животных. Пока в базу данных вошло 191 вещество. В дальнейшем список веществ может расширяться. Национальная база данных репротоксикантов имеет большую практическую ценность и может быть использована в различных сферах деятельности для выявления рисков заболевания.

Литература

1. **Профессиональные** заболевания от воздействия химического вредного производственного фактора: учебное пособие / С.В. Гребеньков, М.И. Михеев, В.М. Ретнев и др. СПб.: ГБОУ ВПО СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2012.

В.Н. Силютина, студ.; рук. Е.В. Фёдорова, к.м.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ ЛИКЕРО-ВОДОЧНОГО КОМБИНАТА

Охрана труда играет важную роль в любой сфере производства. Поставить на должный уровень охрану труда — это экономически выгодно, так как увеличивается производительность, снижаются расходы на оплату больничных листов, компенсаций за тяжелые и вредные условия труда и др. [1].

В современном мире пищевая промышленность занимает одну из ведущих отраслей производства. На предприятиях пищевой промышленности трудятся большое количество работников. Производственный процесс на предприятиях должен отвечать современным стандартам экологической безопасности, что подразумевает минимизацию воздействия вредных факторов на обслуживающий персонал [2].

Ликеро-водочная отрасль входит в состав пищевой промышленности и оказывает существенное влияние на экономику государства. Ликеро-водочный завод — это производственная структура пищевой промышленности с признаками химического предприятия, поэтому сохранение здоровья работников предприятия и предупреждение негативного влияния вредных факторов при производственном процессе являются актуальной задачей на сегодняшний день.

В ходе работы был проведен анализ влияния вредных факторов производства ликеро-водочной продукции на здоровье работников предприятия. В производственном процессе рассмотрены такие вредные факторы, как тяжесть труда, токсичность некоторых химических веществ, высокая температура воздуха в помещении и т.д. С целью принятия мер по их устранению были рассмотрены карты аттестации по трем профессиям. На основе этих документов были обозначены показатели, по которым наблюдалось нарушение допустимых норм. В последующем были предложены конкретные мероприятия по улучшению условий труда.

Литература

1. **Никитин В.С., Бурашников Ю.М.** Охрана труда на предприятиях пищевой промышленности: учебник для вузов. М.: Агропромиздат, 2000.
2. **Девисилов В.А.** Охрана труда: учебник. М.: Форум, 2009.

ДОПУСТИМОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЧНОГО СТОКА

Наблюдающиеся в настоящее время глобальные климатические изменения вызывают существенное перераспределение нормы осадков: на одних участках происходят аномальные наводнения, на других — засухи.

Так, летом 2015 г. произошло наводнение на р. Обь, уровень воды поднялся до отметки 1072 см (в г. Нижневартовске) при критическом значении 980 см. По сравнению с 2007 г., когда уровень поднимался до отметки 1012 см, это наводнение носило катастрофический характер: затопило огромные территории прибрежных городов Ханты-Мансийского автономного округа. В это же время, в феврале 2015 г., запасы водных ресурсов в водохранилищах Волжско-Камского каскада были истощены и составляли всего 45 % (полная полезная емкость 80,86 км³) суммарной емкости. Для их наполнения приходилось останавливать работу гидроэлектростанций. По данным Гидрометцентра России приток воды в Волжско-Камский каскад в апреле 2015 г. был на 42 % ниже среднееголетней величины и составлял 93,5 км³.

Изменить гидрометеорологические аномалии нельзя, но можно создать природно-техническую систему, сглаживающую их негативные последствия. Основная задача такой системы будет состоять в перераспределении мобильных водных ресурсов (МВР), т.е. сбор избытков воды, грозящих вызвать наводнение на одних территориях, и транспортировка в районы, испытывающие их дефицит [1].

В 70—80 гг. прошлого века проектными институтами были разработаны схемы перераспределения стока рек СССР, но они не нашли применения [2]. И только сейчас, в условиях развития парникового эффекта, возникла настоятельная необходимость их корректировки и актуализации. Предложены критерии определения экологически допустимого объема МВР, основанные на оценке экологических и эколого-социальных последствий межбассейнового перераспределения речного стока [3]. Они положены в основу разрабатываемой нами методики расчета возможного объема перераспределения МВР.

Литература

1. Суздалева А.Л., Горюнова С.В. Экологические основы формирования международного рынка ресурсов пресной воды // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия экология и безопасность жизнедеятельности. 2014. № 4. С. 85—97.
2. Березнер А.С. Территориальное перераспределение речного стока европейской части РСФСР. Л.: Изд-во Гидрометеиздат, 1989.
3. Суздалева А.Л., Горюнова С.В. Техногенез и деградация поверхностных водных объектов. М.: ИД «ЭНЕРГИЯ», 2014.

ЗАРЯДНЫЕ СТАНЦИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ С ПИТАНИЕМ ОТ ТОКОПРОВОДЯЩЕГО ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА

В связи с постоянно увеличивающимся загрязнением атмосферы автомобильным транспортом возродился интерес к транспортным средствам, работающим на альтернативных по отношению к углеводородным источниках энергии. Это прежде всего гибридные автомобили и электромобили [1]. Однако применяющиеся в них аккумуляторы создают новые проблемы, обусловленные использованием токсичных электролитов и необходимостью утилизации отработанных аккумуляторных батарей.

В данной работе предложена система электропитания электромобиля от токопроводящего дорожного полотна, позволяющая осуществлять зарядку аккумуляторов электромобиля во время движения. Это позволит уменьшить количество и массу аккумуляторов, что приведет к более благоприятной экологической обстановке, поскольку будет необходимо утилизировать меньшее количество аккумуляторов.

В настоящее время для полной зарядки электромобиля необходимо пребывание на зарядной станции около 9 ч. При ускоренном режиме зарядки электромобиля за 20 мин он заряжается на 50 %. В ходе анализа новых разработок в части суперконденсаторов и аккумуляторов на основе графена было выявлено, что подзарядку аккумуляторных батарей можно проводить за нескольких минут. Поэтому в работе рассмотрены вопросы применения токопроводящего дорожного покрытия для быстрой подзарядки электромобилей. Проведен расчет длины токопроводящего полотна зарядной станции, необходимой для зарядки электромобиля а также предложена конфигурация дорожного покрытия.

Предложено для токосъема использовать две проводящие полосы, разделенные диэлектрическим материалом [2]. Для устранения напряжения шага расстояние между полосами должно быть не меньше одного метра. Для устранения электрической дуги при сходе токосъемных элементов, например токопроводящих колес с токопроводящего полотна, предложено использовать участок полосы с увеличивающимся удельным сопротивлением.

Литература

1. **Златин П.А., Кеменов В.А., Ксенович И.П.** Электромобили и гибридные автомобили. М.: Агроконсалт, 2004.
2. **Монахов А.Ф.** Устройство для электропитания электрифицированного транспортного средства. Патент Российской Федерации. Ru 2048308 C1 6 B60L5/42, 1990.

А.В. Трусила, студ.; рук. Г.И. Павлова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ЛАБОРАТОРНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ ВОПРОСАМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Разработанное на кафедре «Инженерная экология и охрана труда (ИЭиОТ)» НИУ «МЭИ» лабораторно-методическое пособие «Лабораторные работы по курсу «Пожарная безопасность объектов энергетики» посвящено изучению вопросов, связанных с пожаровзрывобезопасностью. Рассматриваемые проблемы актуальны, так как пожары и взрывы от электротехнических изделий являются самыми распространенными чрезвычайными ситуациями в области энергетики.

Анализ статистических данных, представленных в [1], показывает, что ежегодно в стране от электротехнических изделий происходит около 50 000 пожаров, что составляет от 15 до 25 % их общего числа.

В подавляющем большинстве случаев причинами возникновения пожаров от электротехнических изделий являются:

- недостатки конструкций;
- несоответствие применяемых материалов и комплектующих и др. [2].

Лабораторно-методическое пособие состоит из комплекса лабораторных работ. Их целью является изучение вопросов пожаровзрывобезопасности, условий возникновения опасных ситуаций, а также определение соответствующих параметров. В лабораторных работах была проведена модернизация экспериментальных стендов с целью повышения быстродействия, эффективности и точности измерения рабочих параметров. В процессе выполнения работ осуществляется моделирование условий возникновения пожаровзрывоопасных ситуаций, а также определение характерных параметров процесса (температура вспышки, температура воспламенения, нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени и др.).

Предлагаемое лабораторно-методическое пособие полезно студентам при изучении соответствующих курсов, а также для обеспечения безопасности жизнедеятельности в быту и на производстве.

Литература

1. **Смелков Г.И., Рябиков А.И.** Анализ статистических данных о пожарной опасности электрических изделий // Энергобезопасность и энергосбережение. 2009. Вып. № 1.
2. **Медведев В.Т.** Инженерная экология / под ред. В.Т. Медведева. М.: Гардарики, 2002.

*Н.Н. Фахреев, В.П. Шипков, аспиранты;
рук. Р.Я. Дыганова, д.б.н., проф. (КГЭУ, г. Казань)*

СВЧ ОБРАБОТКА КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ЖИВОДОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Агропромышленный комплекс (АПК) Республики Татарстан (РТ) является крупным сельхозпроизводителем в Поволжье. Экспертный анализ показал, что актуальной для региона является переработка отходов животноводческих комплексов. По данным Госдоклада Министерства экологии и природных ресурсов РТ, отчета Министерства сельского хозяйства и природных ресурсов РТ в 2015 году наиболее крупными районами по разведению в фермерских хозяйствах (ФХ) отмечены Арский, Балтасинский и Алексеевский районы.

В соответствии с НТП-АПК 1.10.01.001-00 отход жизнедеятельности крупнорогатого скота (КРС) складывается на специально отведенных площадках, что сопряжено с нагрузкой на окружающую среду и требует эколого-инженерных решений.

Расчеты проведены для Арского муниципального района РТ, так как получаемый отход от порядка 30 тыс. голов КРС значительно превосходит таковое в сравнении с другими районами.

Авторами проведено сравнение двух наиболее перспективных технологий утилизации и переработки отходов животноводства и КРС.

Проведенные расчеты биоэнергетических установок показали, что эффективность применения технологии анаэробного сбраживания обуславливается выделением биогаза, содержащего метан (CH_4) порядка 60 % с энергетическим потенциалом по Арскому району порядка $2372 \text{ м}^3/\text{ч}$ биогаза и порядка 500 тн/сут удобрений. Выработка биогаза в процессе сбраживания в свою очередь требует непрерывного поддержания благоприятных условий в самих установках, что приводит к рискам остановки процесса получения метана.

Другой возможной технологией утилизации отходов животноводства может быть метод облучения волнами сверхвысокой частоты (СВЧ). Технология заключается в облучении отходов волнами высокой частоты, проникаемыми в глубь сырья, помещенного в камеру, и практически 100 %-ном обеззараживании остатка и устранении патогенных микроорганизмов.

Результатом высокой термической обработки навоза является углеродсодержащий остаток, который в дальнейшем гранулируется и сжигается в угольных котлах без значительных конструкторских модернизаций топков.

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА ПРИМЕРЕ ДИСТАНЦИИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РЖД

Человек, живущий на Земле, подвергается различным опасностям. Он может получить травму на производстве, в быту, на отдыхе, при пожаре или переходе улицы и т.д. Поэтому можно сказать, что любая деятельность человека потенциально опасна [1].

Причинами возникновения несчастных случаев может явиться нахождение человека в опасной зоне и одновременное нарушение правил безопасности, а также стечение целого ряда обстоятельств — сочетание случайного и необходимого. Для установления закономерностей возникновения несчастных случаев на производстве и разработки эффективных профилактических мероприятий по их предупреждению проводится анализ производственного травматизма [2].

Травматизм на производстве остается актуальной проблемой на сегодняшний день. Существуют еще много нерешенных задач в создании здоровых и безопасных условий труда. Средства производства и используемые технологии часто не соответствуют требованиям безопасности и гигиены труда, не хватает средств защиты. Более четверти всех работающих трудятся в условиях, не соответствующих санитарно-гигиеническим нормам. На многих предприятиях неоднократно нарушаются положения законодательства о труде и промышленной безопасности.

В работе рассмотрены основные законодательные и нормативные акты по охране труда и схемы расследования несчастных случаев. Проведено сравнение основных существующих на сегодняшний день методов анализа травматизма. С использованием рассмотренных в работе схем и методов анализа проведено расследование несчастного случая, произошедшего на дистанции электроснабжения РЖД и предложены меры по снижению травматизма на данной дистанции.

Литература

1. **Безопасность** жизнедеятельности: учебник для вузов / под ред. К.З.Ушакова. М.: Изд-во Моск. гос. горн., ун-та, 2005. 429 с.
2. **Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С., Мельников А.В.** Основы охраны труда: учебник. Львов: Афиша, 2000. 351 с.

*Е.В. Ширюгина, учаш. (школа № 2126, Москва);
рук-ли Р.Н. Рамазанов, асп. (НИЯУ МИФИ, Москва); Л.А. Герасина,
методист (школа № 2126, Москва)*

ПОЛИКАПРОЛАКТОН. ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ СТОРОНЫ. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

На современном рынке появился термопластичный пластик — полимер, который можно многократно использовать в хозяйственной деятельности человека. К нему относится поликапролактон — биоразлагаемый полиэфир с низкой температурой плавления. Его особенности: он легко плавится при достаточно низких температурах, легко принимает форму желаемого изделия, а при затвердевании становится похожим на прочную и неломкую пластмассу [1].

В данной работе поставлена цель определить положительные и отрицательные стороны поликапролактона и выявить перспективы его использования с минимальным риском для здоровья человека и состояния окружающей среды.

В работе ставились следующие задачи:

- 1) проанализировать рынок продаж поликапролактона;
- 2) изучить его физические свойства;
- 3) исследовать стойкость к агрессивным факторам окружающей среды (высокие температуры, агрессивные растворы, действие ультрафиолета, механическое, биологическое воздействие);
- 4) изучить токсикологические свойства вещества;
- 5) предложить варианты использования материала в хозяйственной деятельности;
- 6) определить эколого-экономическую эффективность использования.

Поликапролактон относится к дорогим материалам, но легко окупается за счет многократного использования благодаря легкости процесса переплавки.

Исследования показали, что поликапролактон упруг и пластичен, при нормальных условиях стоек к механическим воздействиям, почти не имеет запаха, не токсичен, не пачкается, стоек к агрессивным средам, режется и сверлится. Этот материал можно использовать многократно, переплавляя его при температурах 59—62 °С. Поликапролактон — прекрасный материал для ремонтных и монтажных работ, моделирования, использования в робототехнике, 3D-технологиях, художественной лепке и т.д. При многократном использовании он наносит минимальный ущерб окружающей среде.

Литература

1. **Трилор Л.** Введение в науку о полимерах. М.: Изд-во «Мир», 1973.

Направление
ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ

Научный руководитель направления —

к.э.н., доцент Д.Г. Шувалова

ЭКОНОМИКА В ЭНЕРГЕТИКЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Председатель секции — к.э.н., доцент Д.Г. Шувалова
Секретарь секции — ст. преподаватель А.Ю. Амелина*

Д.О. Артищев, студ.; рук. Е.М. Табачный, доц., к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ЦЕПОЧЕК ПОСТАВОК ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА «СИЛА СИБИРИ» НА УЧАСТКЕ ЧАЯНДА—ЛЕНСК

В условиях сложившейся экономической и политической ситуации в Российской Федерации компанией ОАО «Газпром» была принята программа по расширению рынков сбыта и снижению рисков транспортировки природного газа. В ходе реализации данной программы был подписан контракт с руководством Китайской Народной Республики на строительство магистрального газопровода «Сила Сибири» и поставки по нему газового топлива в КНР из Чаяндинского газового месторождения, находящегося в республике Якутия [1].

Целью работы являются разработка и анализ возможных вариантов построения и организации логистических цепей поставок труб большого диаметра (ТБД) на базу временного хранения (БВД) в городе Ленске.

Этапы работы: 1) сбор необходимой информации; 2) разработка маршрутов поставок; 3) создание математической модели оптимизации поставок по критерию минимума затрат; 4) оптимизация маршрутов поставок. Проанализировано четыре маршрута:

1) завод-изготовитель ТБД → станция «Лена» → перевалочная база, г. Усть-Кут → порт «Осетрово» → порт, г. Ленск → площадка складирования, г. Ленск → БВХ, г. Ленск → БВХ строительных площадок;

2) завод-изготовитель ТБД → станция «Лена» → перевалочная база, г. Усть-Кут → БВХ, г. Ленск → БВХ строительных площадок;

3) завод-изготовитель ТБД → станция «Нижний Бестях» → перевалочная база в Нижних Бестях → порт «Нижний Бестях» → порт, г. Ленск →

площадка складирования, г. Ленск → БВХ, г. Ленск → БВХ строительных площадок;

4) завод-изготовитель ТБД → станция «Бакарица» (г. Архангельск) → перевалочная база, г. Архангельск → морской порт, г. Архангельск → морской порт, г. Тикси → порт, г. Ленск → площадка складирования, г. Ленск → БВХ, г. Ленск → БВХ строительных площадок.

Предложены альтернативные варианты реализации цепей поставок на основе перезаключения договоров закупок. Расчеты показали, что это приводит к значительному снижению издержек, а именно при изменении контрактных договоренностей стоимость транспортировки можно снизить на 1,086 млрд руб.

Литература

1. **Гражданский А.М.** Основы логистики. М.: ИВЦ «Маркетинг», 1995. С. 268.

АНАЛИЗ РИСКА БАНКРОТСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ЕГО УМЕНЬШЕНИЮ НА ПРИМЕРЕ ООО «АЙС РЕСУРС»

Все субъекты рыночных отношений заинтересованы в однозначной оценке конкурентоспособности и надежности своих партнеров, поэтому выявление неблагоприятных тенденций развития организации, оценка вероятности ее банкротства являются актуальной темой для исследования.

В соответствии с проведенным анализом финансово-хозяйственной деятельности организации ООО «Айс Ресурс» можно сделать вывод о том, что финансовое состояние неустойчивое и вероятность банкротства велика в силу следующих причин: 1) организация должным образом не обеспечена собственным оборотным капиталом, а это означает низкую платежеспособность в краткосрочной перспективе; 2) наблюдается снижение финансовой устойчивости в долгосрочной перспективе; 3) усилилась зависимость от внешних кредиторов.

Среди критических показателей финансового положения организации можно выделить следующие: 1) значение коэффициента обеспеченности собственными оборотными средствами отрицательно: $-0,85$; 2) крайне неустойчивое финансовое положение по величине собственных оборотных средств; 3) данные Z-счета по всем моделям говорят о высокой вероятности банкротства.

Оптимизация структуры баланса с целью повышения ликвидности и финансовой устойчивости, а также сокращения риска банкротства возможно за счет следующих мероприятий: 1) продажи неиспользуемого оборудования на сумму 10 000 тыс. руб.; 2) краткосрочного кредита в размере 8215 тыс. руб.; 3) применения схем факторинга в процессе расширения.

При разработке рекомендаций по улучшению финансового состояния была составлена оптимальная структура бухгалтерского баланса в соответствии с нормативными требованиями к коэффициентам ликвидности и финансовой устойчивости. В случае изменения структуры бухгалтерского баланса финансовое состояние улучшится, все модели прогнозирования несостоятельности показали одинаковый результат — низкую вероятность банкротства. Изменение структуры бухгалтерского баланса с целью повышения ликвидности и платежеспособности позитивно влияет также на деловую активность и финансовую устойчивость компании.

А.А. Боглай, асп.; рук. А.Г. Зубкова, к.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ИНТЕГРАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ

В современном мире широко развиваются интеграционные процессы. Это проявляется во всех отраслях экономики, в том числе и в энергетическом бизнесе. Существует достаточное количество предпосылок вертикальной интеграции энергокомпаний: снижение удельных затрат, снижение капитальных и текущих издержек, обеспечение надежности энергоснабжения региона и т.д.

В процессе интеграции энергетических компаний могут быть получены прямые эффекты, связанные с экономией на издержках, а также производные эффекты, которые имеют синергетическую природу. Исследование синергетического эффекта основывается на системно-синергетическом подходе, в рамках которого изучаются процессы самоорганизации и самодезорганизации в открытых нелинейных средах самой различной природы [1].

Синергетический эффект отражает проявление нелинейности процессов развития и описывает целевую функцию развития системы при исчерпывающей возможности следования выбранным целям. На практике это выражается в приобретении новых качеств состояния системы: повышении эффективности систем управления вследствие изменений в организационной структуре и т.д. Проявление синергетического эффекта возможно как во внутренней, так и во внешней среде, что обеспечивает повышение конкурентоспособности компании, рыночной силы.

Учет синергетического эффекта особенно актуален в стратегическом менеджменте, т.к. имеет долгосрочный характер своего проявления, обладает свойством комплексности и мультипликативности. В настоящее время не разработаны для использования в практике стратегического менеджмента методы оценки всех видов синергетического эффекта.

На основе проведенных исследований были систематизированы проявления синергетического эффекта при интеграции энергетических компаний. Разработаны теоретические подходы к моделированию процессов стратегического развития с учетом проявления синергетического эффекта от интеграции с использованием существующих программных средств.

Литература

1. **Мясников А.А.** Синергетические эффекты в современной экономике: Введение в проблематику. — Изд. 2-е. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОСТЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА И УСТРАНЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ТЕКУЧЕСТИ КАДРОВ НА ПРИМЕРЕ КОМПАНИИ ООО «САРТЕКС»

Изучение общей концепции системы менеджмента качества и всеобщего управления качеством необходимо для анализа и решения проблемы текучести кадров. Проблема текучести кадров на предприятии всегда была и будет актуальна в компании любого размера и масштаба, начиная от небольших, только открывшихся компаний, заканчивая всемирными корпорациями, давно занимающих свое место на рынке. Данный вопрос глубоко изучен в мировой практике, однако в работе реализован инновационный подход менеджмента качества [1].

Целью работы является анализ текучести кадров в компании «САРТЕКС» с помощью методики, основанной на системе менеджмента качества с применением простых статистических методов, а также разработка мероприятий для достижения желаемого уровня текучести кадров в организации.

Для достижения этой цели необходимо решить ряд задач: разобрать понятие системы менеджмента качества и его основные принципы; рассмотреть метод всеобщего управления качеством; проанализировать проблему текучести кадров; установить основные причины проблемы текучести кадров и пути решения проблемы; применить методику оценки проблемы текучести кадров, основанную на системе менеджмента качества в компании ООО «САРТЕКС», тем самым выявив основные причины текучести кадров, пути их решения и рекомендации для компании в будущем.

В работе выявлены основные причины текучести кадров путем составления диаграмм Исикавы и Парето, проведена оценка экономического ущерба и предложен комплекс мероприятий, направленных на нормализацию текучести кадров, снижение экономических потерь, а также потерь времени на поиск сотрудников.

Таким образом, на основе полученных данных в компании ООО «САРТЕКС» после сокращения текучести кадров за счет совершенствования системы управления набором и отбором персонала экономия составила 722 462,5 руб.

Литература

1. **Всеобщее** управление качеством: учебник для вузов / О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, А.И. Гуров, Ю.В. Зорин; под ред. О.П. Глудкина. М.: Радио и связь, 1999. 600 с.

Е.Г. Гуличева, асп.; рук. Н.Д. Роголёв, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

К ВОПРОСУ О ПРИНЦИПАХ И МЕТОДАХ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА МЕЖДУНАРОДНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗА

Оценка качества и экономической эффективности экспорта-импорта образовательных услуг направлена в первую очередь на оптимизацию распределения ресурсов при реализации учебных программ с точки зрения конечных научных результатов и результатов преподавательской деятельности, а также получения максимально возможной прибыли для отдельно взятого университета. Методическое решение данной задачи сводится к получению общего (суммарного) итога:

$$\Theta = \sum_1^{n(T)} \frac{P_i n_i}{(1+r)^t} - \sum_1^{n(T)} C_i n_i - \sum_1^{n(T)} \frac{K_i n_i}{T(1+r)^t}, \quad (1)$$

где n — численность иностранных студентов в каждой группе их обучения i , чел.; T — период обучения (в пределах года, год, более года); P — стоимость (договорная цена) обучения по каждой группе студентов n , тыс. руб.; C — текущие расходы университета по обучению студентов в годовой сумме по периодам T , тыс.руб.; I — инвестиции (капиталовложения в общей сумме ассигнований из различных источников), тыс.руб.

Договорные цены P в расчетах оптимизации должны, естественно, превышать все совокупные расходы обучения. Расходы на обучение C в отдельных случаях могут быть покрыты из внешних источников, включая дотации государственных служб.

Θ — абсолютная величина дополнительной прибыли университета от организации и осуществления проектов экспорта образовательных услуг. Мера эффективности производимых издержек может быть оценена обычным показателем рентабельности как отношение прибыли к целевым инвестициям. При этом немаловажное значение имеет степень коммерческого риска, учитываемого обычным путем с помощью понижающих коэффициентов, которые определяют корреляционно или заимствуют из других аналогичных проектов.

При заключении договоров на экспорт-импорт образовательных услуг и определении прежде всего договорных цен P_i главное внимание уделяется качеству этих услуг, уровню преподавания, а также представлению материалов о востребованности выпускников вуза в сфере производства и какой-либо другой их деятельности.

А.А. Демина, студ.; рук. Е.В. Сухарева, асс. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ФИНАНСОВО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ ОАО «НК РОСНЕФТЬ»

Предметом исследования является финансово-хозяйственная деятельность ОАО «НК Роснефть», являющаяся единственной отечественной нефтяной компанией, полностью находящейся в собственности государства, которое как главный акционер заинтересовано в успехе бизнеса компании, поскольку ее интересы полностью созвучны с интересами всей российской экономики.

Финансово-экономическое состояние является важнейшим индикатором деловой активности и надежности организации, определяющим ее конкурентоспособность и эффективность реализации экономических интересов всех участников хозяйственной деятельности, поэтому вопрос финансового анализа является особенно актуальным [1, 2].

Целью исследования является проведение анализа финансово-хозяйственной деятельности ОАО «НК Роснефть», оценка экономических перспектив и финансовых рисков, определение обеспеченности финансовыми ресурсами, необходимыми для нормального функционирования организации и целесообразности их размещения.

Рассчитаны основные показатели деятельности компании, такие как коэффициенты финансовой устойчивости, платежеспособности и ликвидности, составлен аналитический баланс и проведены интегральная балльная оценка и факторный анализ рентабельности. По результатам анализа структуры баланса были выявлены некоторые негативные тенденции, такие как, например, превышение величины заемного капитала над собственным или превышение доли ВНА над ОА. Деловая активность же компании в целом за период улучшилась, что говорит о повышении эффективности использования имеющихся ресурсов. В целом по компании можно констатировать, что финансовое состояние несколько нестабильно и для его улучшения необходимо применять определенные меры: поиск внутренних резервов за счет более полного использования производственной мощности предприятия, повышения качества продукции, снижения ее себестоимости, а также внедрение инновационных разработок и подходов к управлению.

Литература

1. **Савицкая Г.В.** Анализ хозяйственной деятельности: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2010.
2. **Шеремет А.Д.** Методика финансового анализа. М.: ИНФРА-М, 2011.

А.Г. Денисов, асп.; рук. А.Г. Зубкова, к.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ВНЕДРЕНИЯ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

На сегодняшний день для водоподготовки и очистки сточных вод применяется более 20 технологий. Критический анализ научных трудов показывает, что за последние пять лет акцент в области технологий водопользования приходится на биологические и мембранные технологии.

Актуальность исследования заключается в наличии существенного нереализованного рыночного потенциала в области мембранных технологий для очистки стоков промышленных предприятий. Проблема заключается не только в отсутствии производства мембран в России в промышленном масштабе (99 % мембран — импортные), за исключением проекта ОАО «Роснано», но и в несформированности многих направлений применения (гальванические производства [1], атомная энергетика и проч.), что было подтверждено в процессе исследования.

На сегодняшний день Россия по уровню развития рынка мембранных технологий отстает от западных стран более чем в 30—40 раз. В России объем рынка жидкофазных мембранных процессов оценивается в 21 млн долл. (0,0012 % ВВП), в Германии — 3818 млн долл. (0,0215 % ВВП) [2].

В 2014—2015 годах при участии автора была проведена НИР «Мониторинг инновационных технологий и проектов в области экологически безопасных производств, ориентированный на устойчивое развитие арктических регионов России». Путем двухуровневой экспертной оценки наиболее перспективными для внедрения были признаны проекты, основанные на применении мембранных технологий для очистки сточных вод.

В рамках исследования была также представлена экономическая эффективность мембранных технологий для различных отраслей промышленности. Полученные результаты позволяют начать разработку организационно-экономического механизма внедрения мембранных технологий в несформированных сегментах рынка. Перспективы использования полученных научных результатов определяются необходимостью существенных капиталовложений предприятий в модернизацию устаревших систем очистки сточных вод (80 % оборудования в России изношено и требует замены).

Литература

1. **Абоносимов Д.О., Лазарев С.И.** Применение мембранных технологий в очистке сточных вод гальванопроизводств // Вестник ТГТУ. 2014. Т. 20. № 2.

2. **Бондаренко А.М.** Мембранный рынок в России и за рубежом. М.: ООО «Мембранный центр», 2013.

Я.Д. Журавлёва, студ.; рук. И.П. Лебедев, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В РАДИОТЕЛЕМЕТРИИ

Телеметрия является одной из молодых и быстро развивающихся отраслей науки и техники. Она связана с измерениями различных физических величин и передачей на расстояние этих измерений. Передача данных на расстояние диктуется во многих случаях невозможностью присутствия человека вблизи объекта контроля [1].

Радиотелеметрия неразрывно связана с рядом важнейших отраслей народного хозяйства, реактивной авиации и ракетно-космической техники, с высоким уровнем всех смежных областей науки и техники.

Передача и обработка телеметрической информации стала возможным благодаря достижениям полупроводниковой электроники, электронно-вычислительной техники и приборостроения.

Актуальной проблемой отрасли является возможность регенерации цифровой последовательности, существенно искаженной различными помехами при передаче по линии связи, что позволяет значительно ослабить эффект накопления искажений при передаче информации на большие расстояния [2]. В этом случае возникает вопрос использования более надежного источника питания, например солнечной энергии. Экономическая оценка использования солнечного потока способна обеспечить верность оценок параметров объекта исследования, оптимальную стоимость разработки, надежность, а также качество энергоснабжения [3]. При использовании солнечной энергии важнейшие этапы преобразования сигналов и сообщений могут быть осуществлены с очень малыми погрешностями.

Целью исследования является разработка методики выбора ключевых параметров цифровой телеметрической системы связи, определяющих ее конкурентоспособность по сравнению с аналогами, с использованием экспертных методов.

Анализ показал, что наибольшую значимость при разработке цифровых телеметрических систем обеспечивают такие параметры, как высокая помехоустойчивость, надежность связи и возможность скрытности работы.

Литература

1. **Зюко А.Г.** Радиоприемные устройства: учебное пособие для вузов. М.: Связь, 1998.
2. **Пеннин П.И.** Системы передачи цифровой информации: учебник для вузов. М.: Советское радио, 2008.
3. **Алхасов А.Б.** Возобновляемая энергетика. М.: Физматлит, 2012.

СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО УТИЛИЗАЦИИ ТБО В г. ОМСКЕ

Жизнедеятельность человека связана с появлением огромного количества разнообразных отходов [1].

Отходы при бесконтрольном размещении загрязняют окружающий нас природный ландшафт, являются источником поступления вредных химических, биологических и биохимических препаратов в окружающую природную среду. Это создает определенную угрозу здоровью и жизни населения.

Сложность решения всех этих проблем утилизации бытовых отходов обуславливается необходимостью применения сложного капиталоемкого оборудования и трудностью решения многофакторной задачи эколого-экономической обоснованности выбора конкретной технологии утилизации отходов.

В данной работе была обоснована экономическая эффективность строительства энерготехнологического комплекса по утилизации ТБО.

Комплекс укомплектован отечественным оборудованием, рассчитаны капитальные вложения.

При сжигании ТБО получают полезные продукты — тепловая и электрическая энергия. Электрическая энергия полностью покрывает собственные нужды предприятия, а тепловая энергия отпускается потребителям.

Определена себестоимость тепловой энергии, рассчитаны показатели эффективности инвестиций, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Показатели эффективности проекта

Показатель	Сумма
Капитальные вложения, тыс. руб.	43 837,20
Себестоимость, руб.	235,25
Срок окупаемости, год	3,5
ЧДД, руб.	232 403,45
ВНД, %	53
Индекс доходности	4,69

По всем показателям данный проект является экономически эффективным и имеет большой запас устойчивости.

Литература

1. **Твердые** бытовые отходы: проблемы и их решения / О.А. Макаров, И.В. Тюменцев, А.С. Горленко и др. // Экология и промышленность России. 2000. № 9.

АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ В ПОТРЕБИТЕЛЬСКОМ КРЕДИТЕ НА ПРИМЕРЕ ОАО БИНБАНК

Потребительское кредитование является одним из динамично развивающихся направлений банковской деятельности. Однако банки в настоящее время претерпевают кризис невыплат кредитов. Мошенничество — довольно распространенное явление, как и неспособность многих людей рассчитывать свои доходы, грамотно распределять денежные средства так, чтобы хватало и на жизнь, и на ежемесячные платежи по кредитам.

Чтобы снизить процент невыплат кредитов, нужно детально изучать кредитную историю клиентов с использованием изучения теории потребительского кредитования, анализа кредитоспособности населения, а также совершенствовать методику поведенческого скоринга.

Объект исследования: КБ ОАО Бинбанк. Была изучена методика оценки кредитоспособности — методика верификации, которая включает проверку банком документов, которые клиент подает в заявке на кредит [1, 2].

Доступ ко многим другим государственным учреждениям (таким как Федеральная таможенная служба, ГосАвтоИнспекция, Федеральная служба судебных приставов и др.) позволит сократить время проверки одной анкеты с 50 до 20 мин. Сокращение времени на проверку анкеты ведет к высвобождению денежных средств банком.

В работе была разработана новая схема поведенческого скоринга. Получившаяся блок-схема состоит из 52 блоков. Переходя от блоку к блоку, сотрудник скорингового отдела будет анализировать человека, начисляя или вычитая баллы за каждый параметр скоринга. В итоге, суммировав баллы, сотрудник получит итоговое число. По 1000-балльной шкале будет вынесено итоговое решение скоринга.

Усовершенствование метода верификации позволит получить профит в более чем 20 млн руб. в год.

Система, представленная в виде блок-схемы оценки кредитоспособности (поведенческий скоринг), позволит снизить дефолтность, избежать мошенничества и снизить риски банка по отношению к невыплатам по кредиторским обязательствам.

Литература

1. **Панова Г.С.** Кредитная политика коммерческого банка. М.: ИКЦ «ДИС», 2009.
2. **Информационное** агентство [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bankir.ru>

К.С. Капранов, студ.; рук. Е.М. Лисин, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СИСТЕМА АНАЛИЗА РЕЛЯЦИОННЫХ ТАБЛИЦ КАК СРЕДСТВО АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕТА

В наше время без аналитических систем работы с данными не обходится практически ни одна организация, особенно среди тех, которые традиционно ориентированы на взаимодействие с клиентами.

Торговые фирмы, страховые компании, транспортные компании, сети супермаркетов, организации, занятые в сфере услуг, и другие — все они собирают и хранят в своих учетных системах гигабайты данных о клиентах, продуктах и сервисах. Ценность анализа подобных сведений очень велика [1].

Набор аналитических функций в учетных системах обычно весьма ограничен. Создание даже простых отчетов затруднено, так как данные чаще всего распределены по множеству таблиц, и для их агрегирования необходимо выполнять сложные операции объединения.

Как правило, попытки создания комплексных отчетов требуют больших вычислительных мощностей и приводят к потере производительности.

Целью работы является разработка программного обеспечения для оперативной обработки информации, мониторинга и прогнозирования ключевых показателей, построения динамических отчетов в различных разрезах и анализа многомерных данных. На основе сравнительного анализа существующих программных продуктов, использующих OLAP-технологии, необходимо спроектировать и разработать систему анализа реляционных таблиц.

Данный программный продукт был успешно внедрен в компании «ВИЛС».

В результате проделанной работы была спроектирована и разработана система анализа таблиц реляционной базы данных, обеспечивающая экономию ресурсов. Программное обеспечение было создано на основе ключевых принципов, выявленных в рамках сравнительного анализа аналогов, использующих OLAP-технологии.

После сравнительного анализа производительности до и после внедрения системы анализа таблиц при максимальном формировании равноправных измерений многомерного куба выявлено ее превышение над построением отчетов Crystal Reports более чем в 300 раз.

Литература

1. **Елманова Н.В., Федоров А.А.** Введение в OLAP-технологии Microsoft. М.: Диалог-МИФИ, 2004. 312 с.

Е.С. Карпик, студ.; рук. А.Ю. Амелина, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ «ПЕРЕКРЕСТНОГО СУБСИДИРОВАНИЯ» В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ РФ

Целью работы являются исследование теории и практики снижения уровня перекрестного субсидирования в электроэнергетике РФ, а также расчет снижения величины перекрестного субсидирования с использованием методов, основанных на введении социологической нормы энергопотребления и прогноза социального и экономического развития РФ, а также с использованием комбинации этих методов.

Актуальность работы заключается в том, что объем дополнительной нагрузки в виде «перекрестного субсидирования», на все промышленные предприятия достигает 80 млрд руб. в год. Эта дополнительная нагрузка уменьшает свободные средства предприятий, ведет к росту их издержек, уменьшению объема внутренних инвестиций и инноваций, что, в конечном счете, уменьшает налогооблагаемую базу и снижает темпы развития промышленных предприятий. Все это приводит к тому, что «перекрестное субсидирование» оказывает негативное влияние на рост валового внутреннего продукта в России [1].

Работа представляет научный и практический интерес для дальнейших исследований. В работе была проведена разработка методов по ликвидации «перекрестного субсидирования» в электроэнергетике. Результатом работы являются выбор наиболее эффективного метода снижения перекрестного субсидирования и установление предельных сроков. Расчеты проводились на примере Ярославской области при уровне инфляции 9%. Тарифы на отопление, водоотведение, горячее и холодное водоснабжение, газ рассматривались на неизменном уровне.

Комбинация методов социального и экономического развития и метода «пропорциональной» социальной нормы имеет короткий срок ликвидации перекрестного субсидирования — 7 лет, а также минимальный размер увеличения тарифа на передачу электроэнергии для населения — 7 % и наименьший размер увеличения тарифа на коммунальные услуги — 6,3 %. Отметим, что все рассматриваемые методы соответствуют законодательным нормам величины роста тарифа на коммунальные услуги для населения согласно формуле «инфляция, минус», предложенной Минэкономразвития России.

Также можно сделать вывод, что чем выше уровень инфляции, тем выше уровень роста тарифов на передачу электроэнергии для населения, а следовательно, и тарифов на коммунальные услуги.

Литература

1. Меморандум О проблеме перекрестного субсидирования. 2014. 4 с.

О.О. Катренко, студ.; рук. А.Ю. Амелина, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ВЫБОР СПОСОБА СНИЖЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ НА ПРИМЕРЕ ОАО «РПЗ»

Снижение себестоимости является фактором конкурентной борьбы в условиях рыночной экономики, поэтому вопрос снижения себестоимости продукции весьма актуален. Себестоимость продукции (работ, услуг) представляет собой стоимостную оценку используемых в процессе производства продукции (работ, услуг) природных ресурсов, трудовых ресурсов, а также других затрат на ее производство и реализацию. Себестоимость отражает величину затрат, имеющих производственный, некапитальный характер, обеспечивающий процесс простого воспроизводства на предприятии. Себестоимость является экономической формой возмещения потребляемых факторов производства [1].

Целью работы являются исследование теории и практики снижения себестоимости продукции, производимой на предприятии, а также установление возможных направлений снижения себестоимости продукции и выбор наиболее оптимального пути снижения на основании действующих экономических и технологических норм и нормативов на рассматриваемом предприятии.

Расчет первичной себестоимости сборки печатной платы модуля центрального процессора МЦП-9 был проведен с учетом норм штучного времени на каждую операцию технологического процесса и трудоемкости сборки единицы продукции.

Выявлены два метода снижения себестоимости данного изделия: 1) снижение себестоимости за счет автоматизации сборочного процесса при помощи установки маски-трафарета на паяльной операции и 2) снижение себестоимости за счет замены комплектующих изделий.

В ходе проведенных расчетов было выявлено, что снижение себестоимости с помощью автоматизации сборочного процесса составило 9,6 %. А снижение себестоимости с помощью замены комплектующих изделий составило 4,9 %. Выявленная условно-годовая экономия от первого способа составила 2 041 779,27 руб., а условно-годовая экономия от второго способа составила 1 037 780 руб.

В результате был сделан вывод о том, что целесообразнее выбрать первый способ снижения себестоимости сборки печатной платы модуля центрального процессора МЦП-9, так как данный метод более рационален и обеспечивает снижение издержек (экономии).

Литература

1. **Сафронов Н. А.** Экономика предприятия: учебник. М.: Юрист, 2002. 608 с.

П.А. Князев, В.А. Круглов, студенты; рук. А.А. Гаврилова, к.т.н., доц.
(СамГТУ, г. Самара)

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГЕНЕРИРУЮЩИМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Поставлена задача — исследовать эффективность использования ресурсов энергетического производства при управляющих воздействиях по основным капиталам. В качестве объекта исследования рассмотрен региональный энергетический комплекс Самарской области.

Для проведения эксперимента в форме имитационного моделирования построена система управления энергетическим производством. Математическая модель объекта представлена в виде трехфакторной производственной функции. В качестве входных воздействий приняты основные фонды $K(t)$, трудовые $L(t)$ и топливные $B(t)$ ресурсы, выходной величиной является отпуск суммарной энергии [1]. Реальные статистические данные функционирования областной энергосистемы взяты за 1990—2014 гг. и приведены к началу исследуемого периода.

Управляющим воздействием является изменение величины основных фондов следующего года, складывающихся из величины основных фондов предыдущего года с учетом амортизации, доли прибыли, формирующей внутренние инвестиции, и внешних инвестиций $I_{\text{внеш}}$:

$$K(t+1) = AL^{\beta} B^{\gamma} \left[(K(t))^{\alpha} - \mu (K(t))^{\alpha} \right] - (a-1)K(t) + I_{\text{внеш}}, \quad (1)$$

где α , β , γ — эластичности использования капитальных, трудовых и топливных ресурсов; a — коэффициент реноваций; μ — предельная норма потребления.

Полученная модель управления генерирующим предприятием позволяет качественно и количественно оценить эффективность использования ресурсов [2], прогнозировать отпуск суммарной энергии в зависимости от величины коэффициента реноваций, исследовать устойчивость объекта.

Литература

1. Гаврилова А.А. Комплексный анализ эффективности использования капитальных, трудовых, топливных и водных ресурсов генерирующего предприятия. // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2012. № 1 (33). С. 178—183.

2. Гаврилова А.А. Повышение эффективности управления энергетическим производством на основе комплексных критериев деятельности // Сб. материалов VII межд. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем» ИПУ РАН, Москва, 2013. С. 328—334.

М.Б. Кривец, студ.; рук. В.К. Лозенко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

СТРАТЕГИЯ ПОВЕДЕНИЯ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ SCHNEIDER ELECTRIC В ОБЛАСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Компания Schneider Electric является мировым экспертом в управлении энергией и автоматизации. Она предлагает интегрированные энергоэффективные решения для энергетики и инфраструктуры промышленных предприятий, объектов гражданского и жилищного строительства.

В 2014 году компания получила Сертификат № 2014/64688.1, удостоверяющий, что система менеджмента организации ООО «ШЭЭК» (Шнейдер Электрик Эквипмент Казань) проверена и соответствует требованиям международного стандарта ISO 50001:2011 [1]. Компания недавно начала использовать программу EMIS — функциональное решение для повышения эффективности систем энергоснабжения и контроля потребления энергоресурсов.

На сегодняшний день не проводилась оценка эффективности данной программы, что является актуальной задачей проводимого исследования [2]. Анализ показал, что за 2014 год по энергоэффективности достигнута экономия в 9,3% по сравнению с прошлым годом [3] (табл. 1).

Таблица 1

Результаты анализа работы Schneider Electric за 2014 год

Показатель	ШЭЭК	ШЭЭЭМ*	Потенциал	Лобня	Двинцев
Снижение энергопотребления, %	30,3	28,7	8,2	6,3	2,4
Электрическая энергия, %	19,7	11,5	3,6	5,9	6,3
Тепловая энергия, %	34,5	35,6	12,7	6,7	-0,8
Снижение энергопотребления, кВт·ч	413	434	1812	202	87
Сбережение, тыс. руб.	—	447	2547	431	438

* Шнейдер Электрик Завод ЭлектроМоноблок.

Компания также предлагает сервисное обслуживание, логистику, энергоаудит и энергоменеджмент, передачу инновационных технологий.

Литература

1. **Российский** сайт Schneider Electric [Электронный ресурс]. URL: <http://www.schneider-electric.com/ru/ru/index.jsp>.
2. **Система** энергетического менеджмента в электросетевом комплексе / В.К. Лозенко, А.Е. Муров, В.Э. Воротницкий и др. Красноярск: ООО ИПК «Платина», 2014. 212 с.
3. **Глобальные** отчеты [Электронный ресурс]. URL: <http://www2.schneider-electric.com/sites/corporate/en/finance/presentations/financial-results.page>.

*В.А. Круглов, П.А. Князев, студенты; рук. А.А. Гаврилова, к.т.н., доц.
(СамГТУ, г. Самара)*

УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Повышение комплексной эффективности функционирования производственных объектов для достижения высоких конечных результатов деятельности являются важными задачами совершенствования производственно-экономических систем. В соответствии с этим было проведено имитационное моделирование энергетического объекта «Самарская ГРЭС» для совершенствования его работы.

Для исследования работы предприятия была построена и проанализирована модель в виде двухфакторной неоднородной производственной функции типа Кобба—Дугласа [1]:

$$Y(t) = AK(t)^\alpha L(t)^\beta, \quad (1)$$

где $Y(t)$ — количество энергии, отпущенной потребителям; $K(t)$ — основные фонды; $L(t)$ — трудовые ресурсы; α , β — коэффициенты эластичности выпуска по фондам и труду; A — масштабный коэффициент, характеризующий интегральную эффективность.

Система управления [2] объектом (1) определяет величину ежегодных капиталовложений $I(t)$ в отрасль, которые инвестируются из дохода отрасли согласно управляющей переменной s — доли инвестиций в структуре ежегодного выпуска продукции:

$$I(t) = sY(t-1). \quad (2)$$

В таком случае уравнение для определения величины основных фондов имеет вид

$$K(t) = K(t-1) + sY(t-1). \quad (3)$$

Построенная система управления позволяет с помощью имитационного моделирования определить величину управляющих воздействий и использовать их для принятия управленческих решений.

Литература

1. **Гаврилова А.А.** Организация управления энергетическим производством на основе комплексных критериев деятельности. // Вестник Волжского университета им. В.Н.Татищева. 2015. № 1 (23). С. 11—16.
2. **Гаврилова А.А., Салов А.Г., Иванова Д.В.** Имитационное моделирование эффективности функционирования макроэкономического объекта по экологическому критерию // Инфокоммуникационные технологии. 2015. № 2 (т. 13). С. 176—182.

М.М. Кулумбегов, студ.; рук. Е.М. Табачный, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА БИЗНЕС-МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИИ ВЭД ЭКСПОРТНО-ИМПОРТНОЙ КОМПАНИИ (НА ПРИМЕРЕ ООО «ТРАНСФЭР ПРОЕКТ»)

Компания ООО «Трансфэр Проект» специализируется на оснащении предприятий различных отраслей промышленности современным высокотехнологичным оборудованием. Деятельность включает множество организационных и функциональных процессов. Эти процессы взаимосвязаны, влияют друг на друга и определяют эффективность экспортно-импортной деятельности фирмы. Существующая бизнес-модель и схемы организации бизнес-процессов далеки от совершенства и требуют реинжиниринга [1].

Бизнес-модель включает следующие бизнес-процессы: прохождение таможи, хранение товара, оформление импортных поставок и оформление заказа на предприятии.

Предложенная модернизация модели и реинжиниринг бизнес-процессов состоят в уменьшении звеньев цепочки поставки товара на территории РФ, уменьшении риска порчи товара при «погрузке» и «разгрузке» товара на склад временного хранения (СВХ) за счет выпуска машины «с колес», снижения себестоимости и увеличения нормы прибыли товара.

Вместо используемого базиса поставки «ДАТ» был выбран базис поставки «ДАР», а также предложены и внедрены следующие меры:

- 1) упрощена операция импорта;
- 2) исключена отправка доверенности в транспортную фирму;
- 3) исключен заказ транспорта по РФ.

После реинжиниринга бизнес-процессов компания может увеличить количество поставок на 10—19 единиц в год на одного клиента или работать с клиентами, которые не имеют возможности осуществлять предоплату, то есть реализовывать товар «точно в срок», если он будет в наличии.

Предложенные меры позволили увеличить норму прибыли на 1,5 %, что составляет 10 486 руб., и одновременно снизить цену реализации на 0,213 % за счет снижения затрат на логистику на территории РФ. Экономия затрат составила 1 220 руб. Дополнительная прибыль (при норме 7,5 %) в месяц 10 486 руб. (503 331 руб. в год). Изменение экономического эффекта импорта после реинжиниринга бизнес-процессов составило + 10 176 руб., изменение рентабельности — на + 1,47 %.

Литература

1. **Табачный Е.М., Волкова А.И.** Внешнеэкономическая деятельность: электронное учебное пособие / под ред. Н.Д. Рогалева. М.: Издательский дом МЭИ, 2013. 389 с.

ЭНЕРГОСЕРВИСНЫЙ КОНТРАКТ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

В настоящее время нельзя недооценить важность повышения эффективности использования энергетических ресурсов за счет снижения их потребления.

Одним из инструментов решения задачи энергосбережения являются энергосервисные контракты, которые нашли широкое распространение как за рубежом, так и в России, однако в заметно меньшей степени.

В 2009 году с выходом закона «Об энергосбережении» перед муниципальными образованиями была поставлена задача обеспечивать экономию энергопотребления не менее чем на 3 % в год.

Энергосервисные компании достаточно часто заключают контракты в муниципальной сфере, однако около 33 % контрактов расторгаются по причинам неуверенности компаний в целесообразности их вложений. Это объясняется непроработанным законодательством, описывающим муниципальные энергосервисные контракты. Одними из таких упущений являются отсутствие единой методики исчисления экономии энергопотребления и слишком короткие сроки утверждения бюджета в муниципальных структурах.

Был рассмотрен пример реализации энергосервисного контракта в г. Малая Вишера энергосервисной компанией WATT group.

Одним из самых популярных энергосервисных проектов в России является замена уличного освещения.

В 2013 г. энергосервисная компания реализовала проект по замене уличного освещения в г. Малая Вишера, заменив 737 старых светильников на энергосберегающие. Это позволило снизить потребление электроэнергии на уличное освещение на 40 %. Контракт был рассчитан на пять лет, и расчетная годовая экономия в денежном выражении составила 1 538 937 руб. В течение срока контракта 90 % этой суммы должно выплачиваться энергосервисной компании, таким образом, годовая экономия бюджета города равняется 153 893 руб., что за пять лет составит 769 468 руб. После окончания контракта вся последующая экономия останется в распоряжении городского бюджета.

В результате проделанной работы был сделан вывод о том, что энергосервисные контракты являются действенным и эффективным механизмом понижения энергопотребления в муниципальной сфере, выгодным для каждого из участников проекта, неся, однако, определенные риски для энергосервисных компаний, что говорит о необходимости доработки государственного регулирования данной отрасли.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РИСКОВ НА ПРИМЕРЕ ПАО «ФСК»

Экономическая деятельность связана с принятием решений в условиях неопределенности и неполноты информации, а это значит, что любая деятельность постоянно сопряжена с различными рисками.

На фоне последних негативных событий, произошедших в мире с 2014 года (санкции против России, падение цен на нефть, девальвация рубля), проблема эффективного управления рисками как в частном, так и в государственном секторах становится особенно актуальной. Ситуация усугубляется тем, что в России риск-менеджмент не получил достаточно широкого распространения среди отечественных организаций, а на уровне малых и микрофинансовых организаций и вовсе отсутствует. Лучшей из российских практик является страхование рисков, например страхование риска потерь в производстве [2].

Импортозамещение — это замена зарубежных товаров товарами отечественного производства. Оценка рисков в данной области на уровне государства позволит: четко понимать потенциальные опасности и источники их возникновения; минимизировать потери бюджета; повысить эффективность реализации стратегий в данном направлении; повысить энергетическую и информационную безопасность страны.

Данная работа посвящена изучению и анализу различных методик оценки рисков и применению их для стратегии импортозамещения на примере публичного акционерного общества «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы (ПАО ФСК ЕЭС)» до 2020 года, проводимой в рамках долгосрочной энергетической стратегии России на период до 2030 года, а также по предприятию в целом [1].

Кроме того, в работе рассматривается возможное влияние описанных рисков на деятельность компании и предлагаются пути их снижения на основе проведенного анализа финансовой отчетности.

Корректировка проектов с учетом влияния рисков при импортозамещении позволит организации повысить возможность достижения целей организации и предотвратить существенные убытки, поддержать оптимальный уровень финансовой устойчивости и ликвидности организации, создать надежный базис для принятия решений и планирования, отвечать соответствующим государственным и международным нормам.

Литература

1. **Программа** инновационного развития ПАО ФСК ЕЭС до 2016 года.
2. **Карро И.И., Попова А.А.** Актуальные проблемы риск-менеджмента в России // Инновации и наука. 2015. № 6.

СОЗДАНИЕ МАЛЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА БАЗЕ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Необходимым условием формирования инновационной экономики и подготовки квалифицированных кадров является эффективная система инновационной деятельности высших учебных заведений. Для активизации усилий в выбранном направлении на государственном уровне разрабатывается ряд мероприятий стимулирующего характера, среди которых особое место отводится Федеральному закону № 217-ФЗ от 02.08.2009, открывшему возможность для вузов непосредственно участвовать в образовании малых инновационных предприятий (МИП). Организуемые на базе вузов и при непосредственном их участии малые предприятия выступают одним из связующих звеньев между организациями науки и представителями реального сектора экономики. Главная цель — коммерциализация полученных университетами в ходе проведения НИОКР результатов интеллектуальной деятельности, превращение их в наукоемкий конкурентоспособный товар.

Однако, как показывает практика [1], подавляющее большинство созданных МИП на практике оказываются неработоспособными. За прошедшие с момента принятия закона годы был выявлен целый ряд проблем, препятствующих популяризации малого инновационного предпринимательства в стране. К таким проблемам можно отнести [2]: несовершенство законодательной базы, слабую инновационную инфраструктуру вузов, отсутствие коммерчески привлекательной интеллектуальной собственности, недостаток опыта маркетинга инноваций и практики работы на открытом рынке, слабую активность венчурных инвесторов и другие.

Для разрешения сложившейся ситуации и соответственно закрепления значимой роли МИП в развитии инновационной инфраструктуры необходима разработка комплексного подхода к обеспечению тесной кооперации представителей вузовской науки и предприятий промышленного сектора.

Литература

1. **Власов А.Ф.** Реализация 217-ФЗ как составляющая развития инновационной инфраструктуры вузов. Первые итоги и перспективы // Материалы VI международного форума от науки к бизнесу. М.: СОЛЮ, 2012.
2. **Толочко Е.А.** Перспективы развития малых инновационных предприятий при вузах // Проблемы и перспективы экономики и управления: материалы III междунар. науч. конф. СПб.: Заневская площадь, 2014. С. 37—40.

Т.О. Мишко, студ.; рук. Е.М. Табачный, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ РОСТА ДЛЯ ДЕПАРТАМЕНТА «ПРОИЗВОДСТВО И ГАЗ» ООО «СИМЕНС»

В основу посткризисного развития России заложена идея модернизации, развития НИОКР. Для реализации масштабной программы модернизации было обозначено несколько приоритетов, среди которых особое внимание уделено энергоэффективности и развитию инфраструктурных отраслей, включая энергетику. Концерн ООО «Сименс» Департамент «Производство и газ» занимается реализацией различных продуктов для электростанции, таких как газовые и паровые турбины различной мощности, компрессоры, автоматизация энергосбережения.

В работе были решены следующие задачи: 1) рассмотрена внешняя среда компании и выделены важнейшие угрозы и возможности для ООО «Сименс»; 2) определены основные слабые и сильные внутренние стороны корпорации; 3) рассмотрено понятие конкурентоспособности, факторы, влияющие на конкурентоспособность продукции, рассчитан коэффициент конкурентоспособности турбин более 70 МВт (табл. 1) по формуле

$$КСП = \sum \alpha_i \left(\frac{K_i}{K_{max i}} \right)^{+/-1},$$

где КСП — коэффициент конкурентоспособности; K_i , $K_{max i}$ — фактическое и желаемое значения i -го параметра компании; α_i — значимость i -го параметра [1].

Таблица 1

Расчет коэффициента конкурентоспособности турбин разных производителей

Характеристика	α_i	Siemens	Altorm	GE	$K_{max i}$	+/-
Стоимость, руб./(кВт·ч)	0,39	2,39	2,47	2,25	2	–
КПД станции, %	0,35	41,12	40,57	40,4	50	+
Мощность, МВт	0,13	287	270	276	280	+
КПД парогазовой установки %	0,13	61,61	60,79	60	62	+
КСП	—	0,877	0,853	0,884	1	Нет

В итоге разработана стратегия роста доли рынка газовых турбин высокой мощности (более 70 МВт) ООО «Сименс» на российском рынке.

Литература

1. Егоров С.В. Стратегический менеджмент: введение и системные основы; учебное пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2008.

*А.М. Нигматулин, студ.; рук. И.Т. Низамутдинов, нач. отд.
(КГЭУ, г. Казань)*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПРОГНОЗОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Прогнозирование потребления электроэнергии сопровождается систематическими и случайными ошибками. Сложность прогноза электропотребления обусловлена наличием большого числа потребителей и необходимостью учета многих факторов, влияющих на потребление электроэнергии.

Повышение качества прогнозирования может быть реализовано за счет применения интегральных прогнозов, построенных на основе комплексов моделей, рассматривающих процесс электропотребления с использованием различных подходов [1]. При разработке алгоритма использовались методы статистического анализа. Методом исследования при выполнении экспериментальной части являлось математическое моделирование. Исходными данными являлись массивы значений потребленной электрической энергии по территории Республики Татарстан.

Интегральные прогнозы удовлетворяют требованиям достоверности при использовании комплекса моделей, отражающего разные аспекты процесса потребления электроэнергии. Описанная методика формирования интегральных прогнозов потребления электроэнергии в Республике Татарстан на основе комплекса моделей позволяет учитывать сценарий изменения факторов, влияющих на потребление электроэнергии.

Интегральные прогнозы позволяют повысить точность суждений о будущем состоянии объекта или процесса за счет коррекции ошибок, которые возникают при неверных предположениях, смещенных оценках или ошибках в данных.

Литература

1. **Науменко Д. О.** Разработка методики формирования интегральных прогнозов потребления электроэнергии в Китайской Народной Республике на основе комплекса моделей. ЗАО «Прогноз 2011.» <http://uecs.ru/uecs-34-342011/item/723-2011-10-27-05-39-34>

Е.В. Николаев, студ.; рук. Д.Г. Шувалова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ СПРОСОМ ЭНЕРГОСБЫТОВОЙ КОМПАНИИ

Энергосбытовая деятельность включает в себя сложный многоступенчатый процесс взаимодействия участников оптового и розничного рынков электроэнергии (мощности), регламентируется нормативными актами, подвергается реформированию, имеет существенные риски (дебиторская задолженность, неучтенная электроэнергия). Анализ работы с потребителями и выстраивание соответствующей финансовой, технической политик с учетом ряда ограничений являются актуальной проблемой для энергосбытовой компании.

Существует ряд методов управления спросом в электроэнергетике:

- прямое управление пиковым спросом может быть достигнуто путем непосредственного отключения, переключения или изменения режима работы конечных потребителей; в промышленности могут быть установлены ограничения спроса;

- косвенные методы управления основаны на подаче покупателям через цену сигналов, побуждающих их изменить характер использования электроэнергии. Наиболее общая форма этих сигналов — цены, зависящие от сезона и времени суток, или специальные льготы при прерывающихся нагрузках [1].

В ходе работы была изучена энергосбытовая деятельность.

Личным вкладом автора является создание поэтапного исследования энергосбытовой компании с учетом требований потенциального клиента и ограничений, накладываемых законодательством.

Результатом работы является разработка программы управления спросом на примере энергосбытовой компании.

Были выявлены два наиболее подходящих варианта для энергосбытовой компании:

- 1) предоставление скидки;
- 2) сдвиг потребления во внепиковое потребление.

В случае предоставления скидки прибыль энергосбытовой компании составит 2 411 870 руб. При условии ее назначения генерирующим поставщиком (ГП) в данном регионе прибыль будет равна 2 711 901 руб. В случае, если у предприятия есть возможность сдвига потребления во внепиковое потребление, этот вариант является самым подходящим для предприятия (прибыль — 2 760 178 руб.)

Литература

1. **Федорова Н.Н.** Организационная структура управления предприятием: учеб. пособие. М.: Кнорус, 2011.

А.В. Помошников, студ.; рук. А.Ю. Амелина, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ЗАТРАТ НА ПРОВЕДЕНИЕ МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В большинстве отраслей современной экономики предложение преобладает над спросом, и зачастую имеет место высокий уровень конкуренции, т.е. для руководства предприятий является необходимым располагать всем объемом информации о текущем состоянии их рынков сбыта. Это могут быть данные о конкурентах, каналах сбыта, потребителях и прочая информация о рынке. Для получения такой информации целесообразно обращаться в агентства, специализирующиеся на маркетинговых исследованиях.

Одним из них является рассмотренная в исследовании организация ООО «МАР Консалт» [1].

В работе была рассмотрена модель учета затрат на проведение маркетинговых исследований, применяемая в организации, составлена факторная модель формирования себестоимости исследовательских проектов, а также проведена оценка эффекта от внедрения новой технологии проведения исследований и даны дальнейшие рекомендации по снижению себестоимости.

В себестоимости проектов таких организаций крайне высокую долю (около 60 %) занимает оплата труда основных рабочих — аналитиков и программистов, занимающихся обработкой данных, полученных в ходе исследования. Это объясняется длительностью проведения необходимых работ.

Анализ технологии проведения маркетинговых исследований в изучаемой компании показал, что резервы снижения себестоимости нужно искать в самой технологии проведения исследований. Одним из актуальных способов снижения длительности и стоимости проектов является применение планшетных компьютеров при опросах вместо бумажных анкет. Внедрение такой технологии позволяет снизить себестоимость исследовательских проектов на 4—5 %. Это также позволяет контролировать работу лиц, проводящих опросы населения и потребителей, поскольку планшет фиксирует время начала, окончания, продолжительность и место проведения интервью через GPS.

В качестве основы дальнейшего улучшения работы компании должна также лежать автоматизация процессов обработки информации и создания финальных отчетов для клиента.

Литература

1. **Официальный сайт** компании «МАР Консалт» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.marconsult.ru/>

А.М. Прокофьев, студ.; рук. Е.М. Табачный, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕНДЕРНОЙ ПОЛИТИКИ ФИРМЫ НА РЫНКЕ СТРОИТЕЛЬСТВА НЕТИПОВОГО ЖИЛЬЯ

На московском рынке недвижимости (без учета присоединенных площадей) преобладает строительство нетипового (премиального) жилья. Это связано с высокой стоимостью земли в столице и довольно высоким спросом на этот класс жилья. Жилье экономического класса возводится главным образом в ходе программы сноса пятиэтажек.

В настоящее время лидером в премиальном сегменте в Москве является «Дон-Строй Инвест». Компания известна высотными зданиями комплекса «Алые паруса», «Триумф палас» и ряда других жилых комплексов в классе «бизнес» и «премиум».

Целью работы являются анализ особенностей организации тендеров на строительство и разработка организационных и технических мер по обеспечению победы компании в торгах (тендерах).

В работе были изучены теоретические и организационные аспекты проведения торгов (тендера) на строительство, проанализированы существующие методы закупки. С помощью экспертного анализа выявлены ключевые факторы успеха участия в тендере. Комплексный показатель риска (в баллах) был рассчитан по формуле

$$R = Wi \times Pi,$$

где: R — степень рискованности проекта; i — количество рисков; W — значимость риска для результатов проекта; P — вероятность проявления риска. Чем больше показатель R , тем рискованней проект [1].

Проведя анализ предполагающихся рисков, можно сделать вывод, что наибольшую опасность для осуществления проекта представляют те, которые связаны с платежеспособностью населения, появлением на рынке новых конкурентов, ростом цен поставщиков, а также необходимо обратить внимание на социально-экономические риски, так как имеется большой балл риска по уровню квалификации персонала.

На основе ключевых факторов успеха были разработаны мероприятия по повышению квалификации персонала, включающие в себя расходы на покупку нового оборудования и внедрение системы «Расчетный центр корпорации». Также проведена оценка экономической эффективности мероприятий по улучшению результатов участия в тендерах, показавшая их высокий эффект. В результате чистый дисконтированный доход с учетом предлагаемых мероприятий будет увеличен на 29 млн. руб.

Литература

Портер М.Е. Конкурентная стратегия. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.

Н.Д. Рогачевский, студ.; рук. Д.А. Фрей, доц., к.э.н. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА МАРКЕТИНГОВОГО ПЛАНА ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ОПТОВОЙ ТОРГОВЛИ НА ПРИМЕРЕ ООО «ЛЕОНОВСКАЯ КАРТОНАЖНАЯ ФАБРИКА» («ЛКФ»)

В условиях сложной экономической ситуации в стране маркетинговое планирование становится неотъемлемой частью деятельности любого предприятия. Знание принципов и технологии разработки плана маркетинга, а также эффективное его использование позволяют привести фирму к успеху на рынке. Грамотно составленный план маркетинга поможет в решении проблем, стоящих перед каждым руководителем: повышение прибыльности, привлечение и удержание потребителей, определение наиболее перспективных направлений развития бизнеса [1].

Для разработки маркетингового плана необходимо было провести анализ рынка упаковочных материалов, а также подробно рассмотреть деятельность ООО «ЛКФ».

К настоящему времени в отрасли сложился профицит мощностей (оценочно около 33 %) и высокая фрагментарность (10 крупных производителей гофропродукции занимают 49 % рынка, более 160 средних и мелких — 51 %). Около 35 % мощностей эксплуатируется уже более 10 лет, что влечет увеличение расходов на содержание оборудования. При этом 30 % нуждаются в инвестициях на модернизацию в ближайшие два года.

На основе проведенного анализа требовалось оценить возможности выхода ООО «ЛКФ» на розничный сегмент рынка. При рассмотрении возможностей выхода на розничный сегмент рынка необходимо было разработать комплекс маркетинга и оценить экономическую эффективность проекта. Для оценки эффективности были составлены модели инвестиционного проекта с горизонтом планирования пять лет по методу оценки денежных потоков «с проектом — без проекта».

Цены на реализацию продукции в розницу предлагалось установить на уровне среднерыночных, учитывалось увеличение количества персонала, увеличение величины постоянных затрат в 3,7 раза, включая затраты на реализацию маркетингового плана. При оценке капиталовложений в проект в размере 1,86 млн руб. ЧДД проекта составил 2,8 млн руб.

По итогам проведенного исследования можно сделать следующий вывод: выход компании на розничный рынок может рассматриваться компанией как способ реагирования на спрогнозированные угрозы, так как оценка эффективности показала положительные результаты.

Литература

1. Дибб С., Симкин Л., Брэдли Дж. Практическое руководство по маркетинговому планированию. СПб.: Питер, 2001.

ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА

В условиях рыночной экономики любой хозяйствующий субъект под воздействием внешних и внутренних факторов может оказаться в кризисном финансовом состоянии. Это свидетельствует о необходимости разработки, внедрения и применения специальных методов управления деятельностью предприятия с целью оздоровления и восстановления позиций на рынке.

С экономической точки зрения финансовое оздоровление подразумевает погашение задолженности, которая генерирует угрозу инициирования процедуры банкротства. С юридической точки зрения — это одна из процедур банкротства, введенная в практику ФЗ «О несостоятельности (банкротстве)». [1] По официальным статистическим данным ВАС РФ среди всех вводимых процедур банкротства процедура финансового оздоровления наиболее редко применима в силу отсутствия практических рекомендаций и методических указаний по ее реализации. Вопросы анализа банкротств в основном сведены к прогнозированию ухудшения финансового состояния организации, что не всегда позволяет получить информацию о возможности погашения обязательств перед кредиторами и дальнейшем эффективном функционировании организации [2].

Важнейшим элементом финансового оздоровления является разработка комплекса мероприятий для достижения конкурентоспособности продукции и удовлетворительной структуры баланса. Для этого разрабатывается программа и составляется план финансового оздоровления с целью недопущения банкротства и вывода организации из кризисной зоны путем комплексного использования внутренних и внешних резервов, что определяет необходимость развития обеспечения процедуры финансового оздоровления.

Цель исследования — на основе проведения финансового оздоровления восстановить платежеспособность и удовлетворить все требования кредиторов.

Литература

1. **Федеральный** закон «О несостоятельности (банкротстве)» от 26.10.2002 № 127-ФЗ.
2. **Кайгородов А.Г., Хомякова А.А.** Финансовый потенциал как критерий целесообразности финансового оздоровления предприятия // Аудит и финансовый анализ. 2007. № 4.

А.Д. Словеснова, студ.; рук. Н.Г. Любимова, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ НА ПРИМЕРЕ ГУП «МОСГОРТРАНС»

Затраты на производство продукции (работ, услуг) относятся к числу важнейших качественных показателей, в обобщенном виде отражающих все стороны хозяйственной деятельности предприятий, их конкурентоспособность. Уровень затрат связан с объемом и качеством продукции (работ, услуг), эффективностью использования рабочего времени, сырья, материалов, основных средств, расходования фонда оплаты труда и т.д. [1]. Расходы в свою очередь являются основой определения цен на продукцию (услуги). В современных условиях перед производителями встает задача повышения ценности (товара, услуги), которая может быть определена только конечным потребителем с одновременным снижением цены на нее. Эффективное управление затратами приводит к их снижению, увеличению суммы прибыли и уровня рентабельности. Чтобы безошибочно управлять затратами, необходимо использовать передовой опыт в этой области.

В настоящее время существуют разнообразные методики учета и анализа затрат — это позаказный, попередельный, попроцессный, нормативный, директ-костинг, стандарт-кост и другие. В основе управления затратами лежат прежде всего их достоверный учет и всесторонний анализ. Только обладая полной информацией о составе, структуре, размерах и местах возникновения затрат, можно управлять ими эффективно.

В представленной работе были рассмотрены различные подходы и методы управления затратами, проведен анализ расходов на перевозку пассажиров филиала 1-й троллейбусный парк ГУП «Мосгортранс». Определены непроизводительные потери и другие резервы снижения затрат и пути повышения эффективности использования ресурсов предприятия.

С помощью детального изучения всех практических данных автором была проведена диагностика финансового состояния предприятия, рассчитаны основные коэффициенты и разработаны рекомендации по его улучшению.

По результатам проведенных исследований разработаны конкретные мероприятия по оптимизации процесса управления затратами и повышению экономической эффективности работы предприятия.

Литература

1. **Савицкая Г.В.** Анализ хозяйственной деятельности предприятия. М.: ИНФРА-М, 2013.

Д.А. Смирнова, соиск.; рук. Е.М. Лисин, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

В российской практике управления инновационными проектами широкое применение получил программно-целевой метод управления, предполагающий организацию целевых комплексных научно-технических программ. Ввиду того, что реализация замысла инновационного проекта в рамках программы обеспечивается множеством предприятий, имеющих различные функции и степень участия в проекте, возникает проблема выбора из альтернативных проектов наиболее соответствующих по технико-экономическим характеристикам возможностям участников и конечной цели программы. Данную задачу призван решать научно-технический совет, применяющий для отбора проектов экспертные методы, главными недостатками которых являются субъективизм оценок экспертов и ограниченные возможности сравнения проектов по количественным показателям.

Для устранения недостатков применяемых экспертных методов был разработан вычислительный алгоритм, основанный на математической теории нечетких множеств. Алгоритм представлен в табл. 1.

Таблица 1

Вычислительный алгоритм сопоставления проектов

1) задается нечеткая цель в виде нечеткого множества с функцией принадлежности (множество вариантов проектов, подлежащих многокритериальному анализу)	2) задается нечеткое ограничение в виде нечеткого множества с функцией принадлежности (множество количественных и качественных критериев оценки проектов)	3) находится степень принадлежности нечеткого множества методом построения функций принадлежности на основе парных сравнений критериев проектов
4) находится нечеткое решение как пересечение нечеткой цели с нечеткими ограничениями (частных критериев)	5) при неравновесных критериях используются коэффициенты относительной важности критериев, которые определяются с помощью метода парных сравнений	6) определяется нечеткое множество решений с учетом рангов критериев (проекты, наиболее удовлетворяющие цели программы, критериям участников)

Предлагаемый подход к анализу инновационных проектов позволяет получить количественные оценки для качественных критериев эффективности проектов и осуществить их объективное сопоставление с целью обоснования включения проекта в научно-техническую программу.

В.Д. Хитриченко, студ.; рук. Д.Г. Шувалова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В ЭКОНОМИКЕ РОССИИ

Обеспечение непрерывного и устойчивого развития промышленности является одной из важнейших задач любой национальной экономики, включая российскую. Учитывая сложившуюся ситуацию в отечественной экономике после распада СССР, а также введенные нашими западными партнерами санкции, необходимость развития национальной промышленности приобрела еще большую значимость.

При подходе к решению поставленной задачи необходимо дать определение термину «импортозамещение». В общем смысле импортозамещение — это процесс полной или частичной замены импортных товаров отечественными. Однако в данной работе будет использоваться определение экспортоориентированного импортозамещения, т.е. целью такой стратегии являются соответствие отечественной продукции международным стандартам и вывод этой продукции на международные рынки.[1]

В данной работе рассмотрены следующие варианты реализации стратегии импортозамещения для промышленных предприятий: развитие и создание собственных промышленных предприятий, кооперация с иностранными компаниями путем создания совместных предприятий и трансфер технологий. Учитывая специфику различных отраслей промышленности, в различных сферах деятельности возможно как применение отдельных вариантов, так и комбинирование нескольких путей реализации.

В современных условиях функционирования российской экономики необходимо всестороннее рассмотрение возможного влияния стратегии импортозамещения на показатели промышленного производства и промышленного роста России. В связи с этим возникает необходимость разработки алгоритма учета влияния политики импортозамещения на количественные показатели оценки промышленности.

В заключение работы приводятся расчеты возможного изменения индекса промышленного производства с учетом внедрения стратегии импортозамещения для различных видов продукции машиностроения. Разработаны рекомендации по целесообразности проведения данной политики в различных отраслях промышленности России.

Литература

1. **Кадочников П. А.** Анализ импортозамещения в России после кризиса 1998 года. ИЭПП, 2006. 148 с.

Н.Ю. Цургаева, студ.; рук. А.Ю. Амелина, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

КАЛЬКУЛИРОВАНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ И ПОИСК ПУТЕЙ ЕЕ СНИЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЛАДА ГРАНТА ОАО «АВТОВАЗ»

В условиях рыночных отношений снижение себестоимости продукции является важным фактором развития экономики предприятия, отражающим эффективность использования ресурсов, результаты внедрения новой техники, совершенствование организации труда, производства, управления [1].

Целью работы является расчет себестоимости автомобиля Лада Гранта и рассмотрение двух способов снижения затрат на производство и реализацию этого автомобиля.

Так как наибольший удельный вес в структуре затрат на производство автомобиля занимают затраты на комплектующие изделия и полуфабрикаты (58,69 %), то в первую очередь были рассмотрены мероприятия по снижению доли материальных затрат в общей структуре себестоимости автомобиля за счет приобретения комплектующих изделий у российских поставщиков. Для снижения затрат на комплектующие изделия необходимо было рассмотреть наиболее привлекательных поставщиков комплектующих изделий по фактору цена-качество, которыми являются производители, размещенные на территории Российской Федерации. Второй способ снижения себестоимости — это снижение фонда оплаты труда в общей структуре себестоимости автомобиля. Это возможно двумя методами: 1) организация вынужденных простоев при снижении объемов заказа и 2) увольнение персонала через сокращения.

Результаты проведенной работы и рекомендации по сокращению материальных затрат и организации вынужденных простоев (1) и сокращению материальных затрат и персонала (2) представлены в табл. 1.

Таблица 1

Снижение себестоимости автомобиля

Год	2014	2015 (1)	2015 (2)
Себестоимость автомобиля, руб.	256 260,89	251 572,34	251 049,04

Необходимо отметить, что реализация этих двух способов позволит предприятию сэкономить средства за счет снижения себестоимости продукции и использовать их для модернизации оборудования и технологий; даст возможность повысить рентабельность производства и конкурентоспособность продукции по сравнению с импортными аналогами.

Литература

1. **Тычинский А.В.** Экономика, организация и управление на предприятии. Ростов н/Д.: Феникс, 2010. С. 205.

Ю.А. Шмырова, студ.; рук. О.Г. Коновалова, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА НА ПРИМЕРЕ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ «НОГИНСКМЕЖРАЙГАЗ»

Модернизация системы управления численностью персонала в организациях газораспределения требует полного учета специфики их функционирования. Газотранспортные системы являются частью газовой отрасли и мирового рынка газа, и развитие сети газораспределения является не только важным инструментом стратегического развития российской экономики, укрепления ее безопасности, но и механизмом территориальной интеграции.

Исследование направлено на анализ теоретических и практических положений по оптимизации численности персонала в газораспределительных организациях. Результатом работы являются расчет численности персонала газораспределительной организации «Ногинскмежрайгаз», исследование потенциала оптимизации численности персонала и разработка рекомендаций по его использованию.

Таким образом, в результате проведенной работы можно сделать вывод, что оптимизация численности персонала организации «Ногинскмежрайгаз» предполагает соответствие расчетной и штатной численностей персонала, которое должно достигаться за счет высвобождения части управленческого персонала и дополнительного набора производственного персонала.

Компании следует сократить численность административно-диспетчерского персонала (АДУ), монтеров по защите и занятых ремонтом газопровода (табл. 1).

Таблица 1

Отклонение штатной и расчетной численности персонала

Категория персонала	Численность, чел.		Отклонение, чел.
	расчетная	штатная	
Ремонтные рабочие газопровода	37,27	43	5,73
Монтеры по защите	25,33	33	7,67
Всего по АДУ	4,68	43	38,32

Следует сократить численность работников в таких отделах, как бухгалтерия, планово-экономический отдел. Это приведет к повышению эффективности деятельности организации, так как повлечет снижение затрат на оплату труда.

Секция 29

МЕНЕДЖМЕНТ В ЭНЕРГЕТИКЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Председатель секции — и.о. зав. каф. МЭП,

д.э.н., профессор Е.Э. Толикова

Секретарь секции — ст. преподаватель О.В. Злышко

*Ю.Ю. Акишева, студ.; рук. Ю.Е. Гупанова, д.э.н., проф.
(РТА, г. Люберцы)*

ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ В РФ

Агропромышленный комплекс и его базовая отрасль — сельское хозяйство являются ведущими системообразующими сферами экономики страны, формирующими агропродовольственный рынок, обеспечивающими продовольственную и экономическую безопасность, трудовой и поселенческий потенциал сельских территорий [1]. Основной глобальной проблемой развития сельского хозяйства и АПК страны в целом на сегодняшний день принято считать санкционные ограничения в России. Проблемы, которые нужно решить для эффективного развития АПК России:

1. Продовольственная инфляция: девальвация рубля и эмбарго на поставку товаров из стран Европы и США продовольственных товаров спровоцировали резкий рост продовольственной инфляции.

2. Ставка по кредитам: после того как ЦБР принял решение повысить ключевую ставку до 17 %, стоимость заемных средств для аграрного бизнеса подорожала на 8,2 %, причем в некоторых регионах рост ставки по кредитам составил 28 %.

3. Проблемная задолженность: объем просроченной задолженности среди компаний аграрного сектора вырос более чем на 30 % и достиг отметки 110 млрд руб.

4. Дорогие удобрения: рост стоимости импорта также поставил сельхозпроизводителей в довольно сложное положение. За год стоимость минеральных удобрений выросла более чем на 30 %.

5. Низкая производительность труда: в денежном выражении производительность труда в России вдвое ниже, чем в европейских странах. Доля

ручного труда в сельском хозяйстве составляет 80 %, что также выше аналогичного показателя в развитых странах [2].

На основании вышеизложенного, можно констатировать следующее: российские аграрии с трудом справляются с новой функцией импортозамещения, возложенной на них ввиду санкций и продовольственного эмбарго.

Литература

1. **Стратегия** социально-экономического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года (научные основы). М.: РАСХН, 2013.

2. **Проект** национального доклада Минсельхоза России «О результатах реализации в 2014 году Государственной программы развития сельского хозяйства на 2013–2020 годы» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mcsx.ru/>

О.С. Белестилин, студ.; рук. В.К. Лозенко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ БЛОК-СТАНЦИЙ НА БАЗЕ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

В настоящее время все больше промышленных предприятий создают собственные мощности электрогенерации. Это обусловлено многими факторами, как экономическими, так и техническими, в том числе высокими тарифными ставками, дороговизной технологического подключения предприятия к энергосистеме, низкими качеством и степенью надежности снабжения электрической энергией, предоставляемой сетевой компанией. Выходом из сложившейся неблагоприятной ситуации является организация собственной генерации электрической энергии на производстве — создание блок-станций, в частности, использующих возобновляемые источники энергии и имеющих низкий уровень операционных затрат.

В связи с более высокой установленной мощностью у ветроэлектрических установок (ВЭУ) по сравнению с фотоэлектрическими панелями, для создания блок-станций на ВИЭ более предпочтительным является использование энергии ветра. Операционные затраты ветроэлектрических установок не превышают 1 руб/(кВт·ч) [1]. Стоит отметить, что создание ветропарка на территории предприятия сопряжено с некоторыми проблемами — это относительная трудность квалификации объекта, неотработанный механизм компенсации технического присоединения и продажи излишков электрической энергии в сеть.

Строительство собственных генерирующих мощностей актуально для предприятий, не являющихся оптовыми покупателями электроэнергии, в регионах с высокой тарифной ставкой (от 4 руб. за 1 кВт·ч) и с мощностью энергопотребляющего оборудования от 1000 кВт (годовое потребление электроэнергии 4 млн кВт·ч) [1]. Принимая во внимание особенность используемого ресурса для электрогенерации, а именно — ветра, необходимо учитывать ветропотенциал региона [2].

Для инициации создания подобных блок-станций необходимы законодательные изменения в области технологического присоединения к существующим сетям.

Литература

1. **Энергоэффективные** решения для электроснабжения промышленных потребителей от ветроэлектростанций [Электронный ресурс] // ООО «Активити», 2014. Режим доступа: <http://activity-llc.com/docs/goals-stations.pdf>
2. **Николаев В.Г.** Национальный кадастр ветроэнергетических ресурсов России и методические основы их определения. М.: Атмограф, 2008.

К.В. Болдырев, асп.; рук. В.К. Лозенко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ISO 55000 КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВАМИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РФ

Установленная мощность всех электростанций РФ на 01.01.2015 составила 232,45 ГВт [1]. Эффективность использования установленной мощности электростанций характеризуется коэффициентом использования установленной мощности (КИУМ), который определяется отношением числа часов использования средней за отчетный период установленной электрической мощности к календарному числу часов отчетного периода. В 2014 году КИУМ составил 51,12 %.

Низкий КИУМ свидетельствует о неэффективной работе электрических станций. Такое значение КИУМ свидетельствует о том, что часть генерирующих мощностей электрических станций остается недоиспользованной.

В настоящее время в России актуален вопрос об избытке генерирующих мощностей. Эксперты оценивают избыток мощностей в 20 ГВт, причём новые мощности продолжают строиться. Но очевидна тенденция снижения темпов строительства новых мощностей, вплоть до полного прекращения строительства, в связи с иррациональностью ввода новых генерирующих мощностей. Существующие мощности, имея некоторый износ, продолжают морально и физически изнашиваться, воспроизводство генерирующих мощностей прекратится, следовательно, встанет вопрос об обеспечении надежности и безопасности эксплуатации электрических станций, т. е. вопрос о корректном управлении существующими активами для обеспечения бесперебойной и безопасной работы.

Инструментом, посредством которого возможно разрешение сложившейся ситуации, является международный стандарт ISO 55000 «Управление активами».

Настоящий стандарт позволит построить систему менеджмента активов, отвечающую необходимым требованиям надежности и безопасности, т. е. позволит оптимально и устойчиво управлять физическими активами в электроэнергетической отрасли на протяжении всего жизненного цикла активов либо на каком-то определенном периоде их существования [2].

Литература

1. **Отчет** о функционировании ЕЭС России в 2014 году [Электронный ресурс] // ОАО «СО ЕЭС», 2015. Режим доступа: http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2015/ups_rep2014.pdf
2. **ГОСТ Р ИСО 55000—2014**. Управление активами. М.: Стандартинформ, 2011.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ОРГАНИЗАЦИЙ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В российской экономике наблюдается развитие нового витка экономической нестабильности, что отражается в ряде экономических и политических явлений (прекращение экономического сотрудничества стран запада с РФ, создание и введение санкций западных стран против РФ и т.д.). Все это ограничивает возможность приобретения импортного оборудования, технологий и т.д., что ставит под угрозу стабильное функционирование отечественных организаций. Вследствие данных факторов возникают такие острые и актуальные проблемы, как проблема импортозамещения, ресурсосбережения, эффективного управления деятельностью организаций.

С данной проблемой сталкиваются и организации отрасли производства хлебобулочных изделий. Данная отрасль имеет социальное значение, вследствие чего требует стабильного функционирования организаций, а ее устойчивому и интенсивному развитию препятствует влияние ряда факторов: физический и моральный износ значительной части основных фондов, низкий уровень использования производственных мощностей, инновационная инертность и пр. [1].

В ходе исследования были разработаны рекомендации по повышению эффективности управления деятельностью организаций данной отрасли:

- разрабатывать рациональную политику эффективного использования ресурсов и минимизации издержек производства;
- осуществлять активную инвестиционную деятельность в области инноваций;
- использовать передовое отечественное оборудование и осуществлять выпуск высокорентабельных, конкурентоспособных видов продукции.

Реализация данных рекомендаций увеличит инвестиционную и инновационную активность организаций исследуемой отрасли и, как следствие, повысит эффективность управления их деятельностью в современных условиях.

Литература

1. **Стрельцова Н. В.** Особенности инновационного развития предприятий хлебопекарной промышленности // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2014. № 3. С. 159—169. [Электронный ресурс]. URL: <http://elibrary.ru/download/44629952.pdf> (25.09.2015).

С.А. Гулиева, асп.; рук. Е.Э. Толикова, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИННОВАЦИОННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Целью энергетической политики России является максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействия укреплению ее внешнеэкономических позиций [1].

Для повышения эффективности государственной и региональной политики в сфере энергосбережения предлагается учитывать принципы когнитивного моделирования социальных, экономических и информационных процессов. Когнитивное моделирование может использоваться при формировании и уточнении основных принципов государственной и региональной политики в сфере энергосбережения, а также позволит проводить анализ трудно формализуемых факторов, измерение которых является достаточно проблемным. Использование когнитивных карт в качестве моделей для коллективной выработки и принятия решений при осуществлении мероприятий по созданию инновационного и эффективного энергетического сектора позволит учесть трудно формализуемые факторы [2].

Целесообразным также является проведение работ, направленных на повышение информированности граждан об эффективном использовании энергии. Например, построение когнитивной карты «Энергосбережение в Москве» может дать информацию о факторах, влияющих на итоговое восприятие жителями Москвы информационной политики в области энергосбережения [3].

Таким образом, когнитивное моделирование при проведении реформ в энергосбережении приведет к более точному прогнозированию результатов, методик и механизмов менеджмента в сфере электроэнергетики Российской Федерации.

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 2030 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.

Е.О. Дергоусова, студ.; рук. Р.М. Акчурин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

О ПЕРСПЕКТИВАХ ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СЕТИ В РФ

В рамках развития концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью в России запущен ряд пилотных проектов, сдача которых запланирована до 2030 года [1]. ООО «Башкирэнерго» в качестве пилотного района для реализации концепции Smart Grid выбрало четыре жилых квартала города Уфы, где проживают около 25 тысяч человек. Весной 2015 года был построен «Центр управления сетями» с консолидацией восьми диспетчерских пунктов города в одном месте и с переходом на двухуровневую систему управления.

Southern Company продемонстрировала использование смарт-счетчиков для автоматизированного мониторинга батарей конденсаторов — сети устройств, которые помогают контролировать напряжение. Счетчики ежедневно выполняют проверку состояния конденсаторных батарей и реле, результаты передаются системе управления данных приборов, которая, в свою очередь, выставляет флаги неисправности и предупреждения для техников, чтобы они провели осмотр. Система мониторинга выявила более 650 проблем в течение первых шести месяцев и позволила проводить ремонт в течение суток, уменьшая потери в линии и улучшая управление распределением напряжения. Метод позволяет заменить снятие вручную ежемесячных показаний приборов на подстанциях и проведение ежегодных визуальных проверок [2].

Ключевым аспектом развития интеллектуальных сетей является популяризация разумного потребления электроэнергии и уменьшение пикового спроса, выгодных как производителю и поставщику, так и потребителю. Результаты демонстрационных проектов двух энергетических компаний: Ireland's ESB и Illinois' Commonwealth Edison — показывают, что ESB предложила 3800 частным клиентам различные комбинации договорных обязательств: цены на электроэнергию, которые зависят от времени суток, месяца и расчет дважды в месяц, подробные отчеты об использовании энергии, финансовые вознаграждения за сокращение использования электроэнергии. В среднем это уменьшило использование энергии в целом на 2,5 %, а пиковое значение на 8,8 % [2].

Литература

1. **НТЦ** электроэнергетики. Основные положения Концепции ИЭС ААС / ФСК ЕЭС. 2012.
2. **М. Matz**. Top 8 Takeaways of EPRI's 7-Year Demonstration Initiative // EPRI Journal. 2015.

К ВОПРОСУ О СУЩНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО КЛАСТЕРА

Одним из механизмов развития региональных экономических систем является формирование промышленного кластера. Промышленный кластер — совокупность субъектов деятельности в сфере промышленности, связанных отношениями в указанной сфере вследствие территориальной близости и функциональной зависимости и размещенных на территории одного субъекта РФ или на территориях нескольких субъектов РФ [1].

В отличие от обычных форм кооперационно-хозяйственных взаимодействий малого, среднего и крупного бизнеса, кластерные системы характеризуются следующими особенностями:

- 1) наличие крупного предприятия — лидера, как правило, во многом инициирующего становление и развитие кластера;
- 2) территориальная локализация участников кластерной системы;
- 3) устойчивость хозяйственных связей хозяйствующих субъектов;
- 4) долговременная координация участниками системы действующих внутри ее производственных программ, инновационных процессов [2].

Данный подход предоставляет возможности как для повышения конкурентоспособности местного бизнеса, так и для повышения эффективности экономики региона. В настоящее время подход к региональному развитию, основанный на промышленных кластерах, начинает входить в практику и в России. Например, в Москве успешно развивается большое число промышленных кластеров, в том числе [3]: фармацевтика и биотехнологии (Подпрограмма № 18 «Промышленные биотехнологии» Государственной программы «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности на период до 2020 года»); микро- и нанотехнологии (Программа развития инновационного территориального кластера Зеленоград на 2013—2017 гг.); строительно-промышленный кластер.

Литература

1. **Федеральный** закон «О промышленной политике в Российской Федерации» от 31 декабря 2014 г. № 488-ФЗ.
2. **Миндлин Ю.Б.** Экономическая сущность кластеров // Экономика и право. 2011. №1.
3. Государственные программы Департамента науки, промышленной политики и предпринимательства города Москвы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.dnpp.mos.ru/>

*Е.Д. Куликова, С.Д. Куликова, студенты; рук. Н.Ф. Солдатова, к.э.н.,
доц. (НИУ «МЭИ»)*

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ШКОЛЫ МЕНЕДЖМЕНТА

Европейская школа менеджмента является источником уникального управленческого опыта. Практические знания, базирующиеся на современных реалиях в условиях нестабильности, могут быть адаптированы к применению в других странах. По этой причине изучение европейского опыта может быть полезным для российских компаний. Вместе с тем сегодня научные работы, в которых подробно освещались бы достижения школы менеджмента ныне действующих успешных европейских компаний, отсутствуют. Детальный анализ специфики их развития в существующих условиях вызывает неподдельный научный интерес и имеет практическую значимость. Исследователи в области европейского менеджмента говорят о том, что можно выделить ряд характеристик, присущих управленческим моделям этих стран [1]. К таким характеристикам относятся:

- ориентация на клиента;
- всесторонняя поддержка сотрудников;
- двухуровневая система управления;
- социальная ответственность компаний;
- приверженность инновациям;
- ставка на долгосрочные перспективы;
- профессионализм.

Системное изучение управленческих моделей и корпоративной культуры европейских компаний на примере пяти из них позволяет говорить о наличии истинно европейской управленческой системы, которая обеспечивает успешное развитие предприятий [2]. Их опыт необходимо учитывать и применять в России. Вместе с тем важно понимать, что в связи с российской спецификой полное заимствование является неэффективным.

Литература

1. **Солдатова Н.Ф., Ильяшенко С.Б.** Предпринимательство: в условиях глобального кризиса // Российское предпринимательство. 2014. № 11.
2. **Солдатова Н.Ф.** Некоторые особенности стратегии развития малого бизнеса // Экономика и управление в машиностроении. 2014. № 3.

Д.В. Михеев, асп.; рук. В.К. Лозенко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ИНДЕКСА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Определение объективных показателей, дающих реальное представление о текущем и прогнозируемом уровнях устойчивого развития (УР) промышленных предприятий и позволяющих эффективно разрешить совокупность имеющихся социально-экономических, финансовых и экологических противоречий, является важным шагом в успешной реализации концепции УР. В настоящее время научная теория и бизнес-практика в области УР предлагают использовать комплексный показатель, именуемый «индекс устойчивого развития» (*ISD*) [1]. Математически он определяется из полученной и обработанной первичной информации и в зависимости от эффективности алгоритма его расчета позволяет с той или иной степенью достоверности оценивать состояние или изменение финансовой, социально-экономической или экологической переменных УР.

На сегодняшний день существует множество разнообразных методик и подходов к определению показателя *ISD* [1, 2], которым свойственен ряд недостатков, особенно на микроуровне [2]. Данное обстоятельство делает задачу совершенствования методики оценки УР промышленных предприятий актуальной.

В рамках решения поставленной задачи автором выполнена следующая работа:

- на основе синтеза теории бизнес-укладов и системно-креативного подхода предложена новая методологическая основа для анализа УР инновационного бизнес-объекта (понятие введено автором);
- усовершенствована методика оценки *ISD* промышленного предприятия для микроуровня и доказано, что критерий «энергоэффективность» является характеристикой бизнес-уклада организации.

Полученные теоретические и практические результаты исследования целесообразно использовать при определении *ISD* организаций, его динамическом анализе и аналитическом прогнозировании его изменения.

Литература

1. **Тарасова Н.П., Кручина Е.Б.** Индексы и индикаторы устойчивого развития [Электронный ресурс] // Устойчивое развитие: природа-общество-человек. Режим доступа: <http://www.ustoichivo.ru/i/docs/18/tarasova.pdf>
2. **Перцева Е.Ю.** Реализация концепции устойчивого развития компании на основе проектно-портфельной методологии: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. М., 2013.

Е.С. Орлова, асп.; рук. В.А. Епифанов, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Такая характеристика, как конкурентоспособность, позволяет не только предвидеть исход конкурентной борьбы, но и оценить эффективность функционирования организации. Особенно важно это для производственных предприятий, которые больше прочих нуждаются в эффективном управлении и постоянной оценке.

Однако сложность заключается в том, что в различных трудах встречается более тридцати различных определений понятия конкурентоспособность.

Условно их разделяют на три большие группы [1]: понятия, характеризующие внутреннюю и внешнюю деятельность организации; понятия, отождествляющие конкурентоспособность организации и конкурентоспособность выпускаемой продукции; понятия, сочетающие характеристики выпуска продукции и деятельности организации.

Цель проведения анализа общего положения в отрасли и конкуренции в ней — получить ответы на семь вопросов: каковы основные экономические показатели, характеризующие отрасль? какие конкурентные силы действуют в отрасли и какова степень их влияния? что вызывает изменение в структуре конкурентных сил отрасли и какое влияние эти факторы окажут в будущем? у каких компаний наиболее сильные/слабые конкурентные позиции? кто скорее всего определяет, в какой области пойдет конкурентная борьба в ближайшем будущем? какие ключевые факторы определяют успех или неудачу в конкурентной борьбе? насколько привлекательна отрасль с точки зрения перспектив получения прибыли выше средней? [2].

При анализе общей ситуации в отрасли и конкуренции в ней используется набор приемов, который позволяет правильно оценить изменяющиеся условия отрасли и определить характер и уровень конкурентной борьбы, в ней.

Литература

1. **Фасхиев Х.А.** Определение конкурентоспособности предприятия // Маркетинг в России и за рубежом. 2009. № 4.
2. **Томпсон А., Стрикленд А.** Стратегический менеджмент. М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 2006.

В.А. Федорищев, асп.; рук. Е.Э. Толикова, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

К ВОПРОСУ О СУЩНОСТИ ИННОВАЦИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ

При рассмотрении энергетики как отдельной отрасли сложно сказать, что она обладает большим инновационным потенциалом. Однако при изучении опыта международных энергетических компаний по внедрению инноваций, можно с уверенностью утверждать, что они позволяют не только снизить издержки производства и повысить эффективность, но и использовать качественно новые вариации реализации бизнес-проектов.

Умные сети электроснабжения — это модернизированные сети электроснабжения, которые используют информационные и коммуникационные сети и технологии для сбора информации об энергопроизводстве и энергопотреблении, позволяющей автоматически повышать эффективность, надежность, экономическую выгоду, а также устойчивость производства и распределения электроэнергии. Существующая система управления в электроэнергетике РФ устарела и нуждается в существенном обновлении [3]. Одной из последних и наиболее перспективных синергетических инноваций в энергетике стало создание проекта Smart Grid — интеллектуальные сети.

С точки зрения Министерства энергетики США интеллектуальным сетям присущи следующие атрибуты [1]: способность к самовосстановлению после сбоев в подаче электроэнергии; возможность активного участия в работе сети потребителей; устойчивость сети к физическому и кибернетическому вмешательству злоумышленников; повышение эффективности работы энергосистемы в целом.

По мнению Европейской Комиссии, занимающейся вопросами развития технологической платформы в области энергетики, Smart Grid можно описать различными аспектами функционирования [2].

В России основные направления технологии Smart Grid включают выработку энергии, передачу энергии, распределение мощности, автоматизированную сетку, возобновляемые источники интеграции, решения для хранения энергии, электрическую зарядку автомобилей, «умные» дома и здания.

Литература

1. **Ледин С.** Концепция «электроэнергия-товар» как катализатор развития Smart Grid // Автоматизация в промышленности. 2012. № 4.
2. **Рогалев Н.Д., Толикова Е.Э.** К вопросу об изменении условий реализации инновационной промышленной политики в России // Транспортное дело России. 2013. № 6-2.
3. **Энергетическая** стратегия России на период до 2030 года.

В.Ю. Шведова, асп.; рук. В.К. Лозенко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

СПЕЦИФИКА ВНЕДРЕНИЯ ИСО 55000 В СЕТЕВЫХ КОМПАНИЯХ

Одной из важнейших проблем распределительных сетевых компаний (СК) является значительное устаревание основного оборудования: более 50 % распределительных электросетей выработало свой нормативный срок, а общий износ достиг 70 % [1]. В связи с этим актуальным становится внедрение в СК стандартов ИСО серии 55000 «Менеджмент активов».

Системы управления активами, построенные на основе данных стандартов, отличаются от систем, используемых в СК сегодня, тем, что:

1) сначала проводится анализ потребностей всех заинтересованных сторон и целей организации, а на основе этого разрабатываются планы управления активами с учетом их ценностей для достижения целей организации;

2) анализируются не только производственные активы с целью оптимизации технического обслуживания и ремонтов основных фондов, а все активы компании и оценивается их ценность в совокупности для достижения целей организации (это очень важно в условиях испытываемого СК дефицита финансирования, так как, например, от сотрудников компании зависит качество выполняемых работ, и именно сотрудники организации, заинтересованные в достижении стратегических целей компании, способны найти и предложить инновационные решения, позволяющие сократить расходы);

3) информационные технологии рассматриваются исключительно как один из ресурсов, а не основа системы управления активами.

Внедрение в СК стандартов ИСО серии 55000 позволит учесть цели всех заинтересованных сторон, существенно сократить финансовые потребности и снизить риски. При этом необходимо принять во внимание следующие особенности СК: 1) заинтересованными сторонами являются: акционеры и собственники, регулирующие органы, потребители, сотрудники компании и инвесторы; 2) финансирование сильно зависит от регулирующих органов, в связи с чем важно анализировать, помимо прочих, риски регулирования; 3) электроэнергетика играет важнейшую роль в развитии всех сфер экономики страны, следовательно, СК должны не только обеспечивать надежную и бесперебойную эксплуатацию электрических сетей, но и активно развиваться, увеличивая активы.

Литература

1. **Сетевые решения** [Электронный ресурс] // Регионы Online. Российское информационное агентство. Режим доступа:
<http://www.gosrf.ru/magazine/archive/ jan12/29>.

Секция 30

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Председатель секции — д.э.н., профессор А.С. Минзов

Секретарь секции — к.э.н., доцент Н.З. Емельянова

А.Е. Борисов, студ.; рук. А.С. Минзов, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ АУДИТА СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ

Интерес к электронной коммерции постоянно растет, и такая тенденция продолжает сохраняться, несмотря на статистику усиления атак на порталы интернет-магазинов. Атакам подвергаются наиболее уязвимые места информационных систем: сбор данных о технологиях разработки систем электронной коммерции и исследование их уязвимостей, определение реакций этих систем на запросы со стороны клиентов, исследование уязвимостей при передаче заполненных форм о данных клиента и другие механизмы. К сожалению, специализированных средств аудита систем электронной коммерции, учитывающих логику поведения этих систем, сегодня не существует [1]. Поэтому приходится одновременно использовать для аудита различные системы: от SEO до методов непосредственного анализа HTML и кода встроенных скриптов на стороне клиента. Это обстоятельство и определяет актуальность исследования. Объектом исследования является комплексная система обеспечения информационной безопасности в объектах электронной коммерции.

Цель исследования состоит в разработке методики аудита информационной безопасности, позволяющей получить количественные оценки уровня защищенности системы электронной коммерции на всем жизненном цикле ее функционирования в условиях воздействия дестабилизирующих факторов, основываясь на существующих стандартах [2].

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд следующих задач:

- 1) разработать базовую модель угроз для систем электронной коммерции;

2) разработать методику проведения аудита информационной безопасности систем электронной коммерции;

3) провести апробацию предложенных методик аудита на конкретной системе электронной коммерции и оценить ее эффективность.

Результаты исследований позволят повысить защищенность систем электронной коммерции и могут быть в последующем использованы при их сертификации.

Литература

1. **Курило А.П.** Аудит информационной безопасности. М.: Издательская группа «БДЦ-пресс», 2006. 304 с.

2. **ГОСТ ИСО/МЭК 27002—2012.** Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности.

М.С. Гафуров, студ.; рук. С.А. Петров, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ПЛАТФОРМЕ .NET

Корпоративные информационные системы являются основной частью управления ресурсами в компаниях на данный момент. В большинстве случаев данные информационные системы разрабатываются с целью эксплуатации непосредственно на территории компании. Сами же системы могут быть разработаны на разных платформах и языках программирования.

Платформа .NET появилась как инициативный проект фирмы Microsoft, включающий в себя комплекс технологий, программных средств, стандартов и средств разработки, направленный на обеспечение создания единого информационного пространства в Интернете. Данная платформа предоставляет широкий спектр возможностей и позволяет разработать высоконагруженные системы.

Операционная среда .NET Framework [1] — это важнейшая составная часть платформы .NET. Она использует большое количество фреймворков для разработки.

Одним из таких фреймворков является служба WCF. Она используется для обмена данными между приложениями, базами данных и т.д. Она дает возможность создания безопасных транзакций и является пропускным пунктом для различных запросов, исходящих от приложения. Для некоторых паттернов проектирования WCF-службы представляют собой хранилище логики приложения.

Преимущества данного программного фреймворка:

- дает возможность использования разных языков программирования;
- упрощает работу с правами доступа пользователей (все необходимые настройки можно организовать в самой WCF-службе);
- позволяет реализовать такие паттерны, как MVP и MVVM;
- высокая производительность и скорость работы с данными;
- может хранить кэш данных;
- не зависит от производительности персонального компьютера.

WCF хорошо подходит для корпоративных систем, где используется большое количество данных и есть много пользователей, работающих с ними. Отдельно можно выделить те системы, для которых мониторинг и безопасные запросы к базе данных стоят на первом месте.

Литература

1. Рихтер Д. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework. М.: Русская Редакция, 2002.

Д.С. Курников, студ.; рук. С.А. Петров, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ПЛАТФОРМЕ ASP.NET

Разработка корпоративной информационной системы — это трудоемкий процесс автоматизации производства и корпоративных операций. В настоящее время при помощи данных систем управления трудовыми ресурсами и активами осуществляется финансовый менеджмент.

Проблема таких систем связана со сложностью их обслуживания. В частности, иногда возникает необходимость в полном изменении такой системы. При активном росте компании появляется необходимость в корпоративной информационной системе, которая может существовать в виде обычного сайта, чтобы сотрудники компании могли иметь доступ к системе в любом месте и в любое время. Для этого используется технология серверного приложения.

Одной из самых практичных платформ для создания серверных приложений является Microsoft ASP.NET [1]. Преимущества данной платформы:

- использует большое количество языков программирования, доступных в .NET Framework (C#, VisualBasic.NET, JScript.NET), а также поддерживает все известные скриптовые технологии;
- большинство программных решений уже реализованы и ими можно пользоваться, подстраивая под свои нужды;
- имеет самую высокую скорость выполнения кода в сравнении с другими технологиями;
- позволяет реализовывать различные паттерны проектирования;
- высокая гибкость по отношению к выбранной методологии разработки и к управлению процессом разработки;
- большинство ошибок отлавливаются на стадии разработки;
- возможность интеграции с уже реализованными решениями.

Почему для создания корпоративной информационной системы стоит использовать платформу ASP.NET? Как правило, в сложных системах ошибки зарождаются на этапе проектирования, на уровне формальных бизнес-процессов. И очень важно, чтобы технология, которая лежит в основе такой системы, позволяла вносить изменения быстро и эффективно. ASP.NET — это платформа для создания «прозрачных» систем, всегда готовых к изменениям на любом уровне.

Литература

1. **Адам Фримен.** ASP.NET MVC 5 с примерами на C# 5.0 для профессионалов. М.: Вильямс, 2015.

*Е.И. Лобанева, студ.; рук. О.В. Стоянова, д.т.н., доц.
(Филиал НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

АНАЛИЗ МЕТОДОЛОГИЙ ПРОВЕДЕНИЯ ИТ-АУДИТА

В настоящее время лишь небольшое число отечественных компаний проводит аудит своих информационных процессов и систем. Это связано как с отсутствием опыта в данной сфере, так и с наличием множества различных стандартов и методик проведения такого аудита, выбор которых не всегда очевиден.

Выделяют два вида ИТ-аудита: внутренний и внешний. Большинство российских организаций использует в своей практике внешний аудит, т.е. прибегает к услугам консалтинговых компаний. Внутренний ИТ-аудит проводится, как правило, при разработке или внедрении новых систем и технологий, в то время как наибольшие проблемы в сфере информатизации отечественных организаций возникают именно в процессе эксплуатации существующих систем. В связи с этим для разработки рекомендаций по выявлению и устранению данных проблем целесообразно обратиться к стандартам ИТ-аудита, позволяющим оценить информационные процессы и системы с внешней точки зрения, а именно стандарту CobIT и его частичным аналогам.

CobIT (Control Objectives for Information and Related Technology) — международный стандарт управления корпоративными информационными технологиями, который помогает согласовать стратегию бизнеса и ИТ, выстроить диалог между руководителями бизнес-подразделений и управлением информационной службы [1].

Методология CobIT предлагает общую модель бизнес-процессов, которая представляет все процессы как элементы функций информационных технологий, что делает эту базовую модель понятной для операционного ИТ-персонала и управленцев. Указанная модель соотнесена с ключевыми областями управления информационными технологиями, что позволяет связать обязанности операционного персонала с объектами контроля руководящего звена системы управления экономическим субъектом.

Подводя итог сказанному, отметим, что при проведении внешнего аудита по стандарту CobIT организациям следует учитывать соотношение автоматических и автоматизированных систем, составляющих их ИТ-инфраструктуру.

Литература

1. COBIT — Released by the COBIT Steering Committee and the Information Systems Audit and Control Foundation. 5nd edition. 2009.

О.В. Максачёва, студ.; рук. А.П. Бурцев, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПОДДЕРЖКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВРЕМЕННЫМИ ДАННЫМИ В SAP ERP HCM

SAP ERP (SAP R/3) — информационная корпоративная система, основанная на методологии ERP (планирования ресурсов предприятия) и содержащая набор прикладных модулей, благодаря которым поддерживаются и интегрируются бизнес-процессы компании в режиме реального времени [1]. SAP ERP HCM включает в себя три основные функциональные области, поделенные на модули: 1) *Учет и отчетность* (бухгалтерский учет, управленческий учет, управление основными средствами, финансовый менеджмент); 2) *Логистика* (сбыт, управление материалами, планирование производства, ТОРО, управление качеством); 3) *Персонал* (организационно-штатное управление, кадровый учет, планирование и учет рабочего времени, расчет заработной платы).

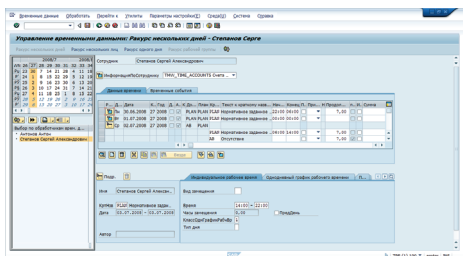


Рис. 1. Экран ведения данных

рабочего времени и фиксации всех временных событий; 3) формирования табеля учета рабочего времени.

В проектах обычно три линии поддержки пользователей: 1 — первичная обработка заявок и предоставление типовых решений; 2 — устранение функциональных ошибок среднего уровня и инцидентов системы; 3 — устранение функциональных ошибок критического уровня, разработка дополнительного функционала системы, обновление и миграция систем.

У пользователей (табельщик, руководитель, кадровый работник и бухгалтер), в основном, возникают проблемы, связанные с 2-й линией: ошибки в журнале при загрузке оффлайн-графика; отсутствие связей между объектами (сотрудник уже на другой должности, но ему приходят уведомления); недостаточно полномочий; неверное ведение данных ответственными лицами и неверные действия (не читают инструкции). Все инциденты специалистом поддержки заносятся в файл, анализируются, составляются шаблонные ответы по типовым проблемам для дальнейшего ускорения процесса их решения.

Литература

1. Кале В. Внедрение SAP R/3. М.: Компания АйТи, 2006.

В.А. Мещерский, асп. (Университет «Дубна», г. Дубна);
А.С. Александров, студ.; рук. А.С. Минзов, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ УТЕЧЕК ИНФОРМАЦИИ В КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

В настоящее время для контроля периметра безопасности корпоративных информационных систем используются DLP-системы (*Data Leak Prevention*) [1]. Они служат для анализа потоков данных, пересекающих периметр безопасности защищаемой информационной системы. При детектировании в этом потоке конфиденциальной информации срабатывает активная компонента системы и передача сообщения блокируется. Кроме этой задачи, система решает и другие, в том числе: отслеживание лояльности сотрудников к администрации организации; контроль деятельности сотрудников, не относящейся непосредственно к исполнению ими служебных обязанностей, и изучение интересов. Внедрение DLP-систем говорит о резком снижении уровня доверия руководства организации ко всем сотрудникам, ухудшает психологический климат в коллективе и не снимает проблему утечки информации. Таким образом, сегодня существует потребность в поиске альтернативных решений по защите информации в системах электронного документооборота.

Цель настоящего исследования заключается в разработке новой альтернативной концепции развития DLP-систем на основе создания системы контролируемого электронного документооборота в КИС. Для реализации этой цели предлагается использовать систему формирования описания документа в виде сертификата, в котором накапливается история создания документа, матрица возможных его перемещений и доступа, уровень его конфиденциальности, авторство и другая информация. Это позволит осуществлять контроль выхода документооборота за пределы информационной системы не по содержанию документа, а по его сертификату. Предложенная идея является принципиально новой, созданной на основе поиска альтернативных решений по предупреждению утечек информации.

Практическая реализация этой альтернативной концепции позволит уйти от недостатков существующих DLP-решений, уменьшить их стоимость, снизить вероятность утечки информации через периметр безопасности корпоративной информационной системы.

Литература

1. Петренко С.А. Развитие DLP в России: история, тенденции и перспективы // Аналитический банковский журнал. 2014. Т. 221. № 09.

С.В. Нестеренко, студ.; рук. А.С. Минзов, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМОВ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ СЕТЕВЫМ АТАКАМ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ СРЕД

Широкое распространение виртуальных сред и облачных сервисов приводит к необходимости использования их для обеспечения сервисов информационной безопасности с целью противодействия сетевым атакам.

При виртуализации сервисов безопасности становится неважно, где физически расположены устройства безопасности и где находится защищаемый объект, а характеристики сети можно менять в режиме реального времени. Сложно обеспечить виртуализацию сервисов сетевой безопасности на базе традиционной сети, потому что в ней отсутствуют необходимые возможности полного мониторинга сети, ее конфигурирования в реальном времени, контроля передачи трафика, а также возможность управления ее состоянием в зависимости от событий.

В настоящее время появились технологии, позволяющие динамически управлять потоком данных на сетевых устройствах, — SDN (программно-управляемые сети) [1]. Концепция SDN основана на централизованном управлении сетью на основе отдельной аппаратно-программной базы, при этом все управление трафиком происходит на основе специальных протоколов. Фактически контроллер определяет политику управления сетью на основе заданных правил, а также работу специализированных приложений. С одной стороны, такой подход дает большую гибкость в управлении сетью, с другой — существенно упрощает администрирование и архитектуру сети. Расширив эту технологию, можно управлять типами реакций на нужные нам события безопасности. Такой подход является новым.

Предложенный подход использования концепции SDN для разработки архитектуры информационной безопасности может быть использован в виртуальных средах и облачных вычислениях, что позволит повысить уровень доверия при обработке информации в этих средах.

Литература

1. **Thomas D Nadeau, Ken Gray.** Software Defined Networks. 2013.

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ АУДИТА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Понятие «аудит информационной безопасности» появилось сравнительно недавно и обозначает одно из наиболее актуальных и динамично развивающихся направлений менеджмента в области безопасности корпоративных информационных систем (КИС). Его основная задача — объективно оценить текущее состояние системы информационной безопасности (ИБ) компании и ее соответствие поставленным целям и задачам бизнеса. Считается, что результаты квалифицированно выполненного аудита ИБ компании позволяют построить оптимальную по эффективности и затратам корпоративную систему защиты, адекватную текущим задачам и целям бизнеса. Существующие методы и технологии аудита трудоемки, проводятся периодически, могут влиять на непрерывность бизнес-процессов и трудно поддаются автоматизации [1].

Цель настоящего исследования заключается в разработке новых подходов и механизмов аудита информационной безопасности КИС на основе минимального влияния на бизнес-процессы, постоянного мониторинга ключевых параметров, быстрой адаптации к изменяющимся условиям и характеристикам КИС. Реализация этих целей потребует моделирования системы информационной безопасности и разработки механизмов контроля ключевых параметров систем ИБ и КИС. Такой подход к аудиту является новым и в менеджменте ИБ ранее не использовался.

Практическая реализация этого подхода позволит создавать отчеты о результатах аудита без нарушения непрерывности бизнес-процессов, формировать в автоматическом режиме рекомендации по совершенствованию системы информационной безопасности, а также использовать этот подход в профессиональном образовании для повышения квалификации и обучения специалистов информационной безопасности в различных отраслях и сферах деятельности.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27007—2014. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Руководства по аудиту систем менеджмента информационной безопасности.

СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ АВТОРСКИХ ПРАВ

В настоящее время, в связи с ростом объемов информации в сети Интернет и ее доступностью, все большую актуальность приобретает вопрос защиты авторских прав. Существующие методы защиты авторских прав на основе применения авторами видимых или невидимых меток (стегоконтейнеров) и водяных знаков в графических изображениях и мультимедийных файлах не дают гарантий установления авторства при изменении форматов файлов и/или снижении их качества [1—3]. Бесспорной остается только идея о необходимости участия некоторой третьей доверенной стороны, фиксирующей авторские права документа и имеющей механизм их контроля. Однако это не дает полного решения этой актуальной задачи.

В работе предложена новая идея фиксирования авторских прав на мультимедийные и графические изображения с использованием стегоконтейнера, содержащего информацию об авторе документа. Авторский документ представляется третьей доверенной стороне в нескольких возможных форматах и/или качествах (не более трех). Для графических файлов параметром качества является его разрешающая способность, для мультимедийных файлов — это частота дискретизации потока данных. Стегоконтейнер шифруется определенным ключом автора. Потом изображение или содержание мультимедийного файла разбивается на блоки с последующим преобразованием Фурье. При этом информация, используемая для идентификации материала, маскируется деталями изображения, выполняющими функцию создания «шума». Выделить или избавиться от этого стегоконтейнера трудно, но возможно только с потерей качества. Аутентификация владельца документа основана на том, что никто, кроме его владельца, не сможет представить этот документ с метками одновременно в трех его форматах и/или качествах.

Такая идея является новой и требует проверки на различных моделях графических и мультимедийных документов.

Литература

1. **Грибунин В.Г.** Цифровая стеганография. М.: Солон-Пресс, 2002.
2. **Оков И.Н., Туринцев И.В.** Цифровая стеганография. М.: Солон-Пресс. 2009.
3. **Мельников Д.А.** Организация и обеспечение безопасности информационно-технологических сетей и систем. М.: IDO Press: Издательский дом «КДУ», 2015.

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Необходимость получения изображения высокого качества путем объединения нескольких кадров возникла еще в 80-е годы прошлого столетия. Уже более 30 лет ведутся исследования и разработки в этой области. В докладе рассматриваются основные принципы и подходы к объединению изображений, способы кодирования и алгоритмы объединения [2].

Существующие алгоритмы объединения изображений используют разные подходы: вейвлет-преобразование [1], пирамиды разложения, сегментацию и др.

По уровню абстракции, на котором происходит обработка, можно выделить три группы алгоритмов: на уровне пикселей, на уровне областей и на уровне решений.

Алгоритмы объединения на уровне пикселей используют в качестве исходных данных значения яркостей пикселей входных изображений.

На уровне областей происходит выделение значимых для решаемой задачи областей, которые и являются исходными данными для объединения.

На уровне решений не предусмотрена генерация итогового изображения, а результатом является некоторый ответ [3], например, находится или нет искомый объект в поле зрения.

В докладе приведены предложения и возможные способы улучшения качества изображения путем объединения на уровне пикселей [4].

Литература

1. **Иванов М.А.** Применение вейвлет-преобразований в кодировании изображений. Новосибирск: Ин-т систем информатики им. А.П. Ершова, 2003. 175 с.
2. **Красильников Н.Н.** Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 608 с.
3. **Лайонс Р.** Цифровая обработка сигналов. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. 654 с.
4. **Сальников И.И.** Растровые пространственно-временные сигналы в системах анализа изображений. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 248 с.

В.И. Суворов, студ.; рук. А.С. Минзов, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ОБЪЕКТА ИНФОРМАТИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Существующие методики оценки эффективности систем информационной безопасности позволяют оценить лишь отдельные компоненты системы безопасности по различным каналам утечки информации. Однако это не дает полного представления обо всей системе защиты информации. Для этого требуется комплексная оценка эффективности системы безопасности. Сложность решения такой задачи заключается в невозможности точного определения параметров угроз, уязвимостей, ценностей активов и последующих рисков информационной безопасности. Это и определяет актуальность настоящей работы.

Решение этой задачи заключается в создании интегрированного показателя оценки защищенности на основании совокупности отдельных нечетких и неточных измерений, полученных при проведении аудита.

В работе предлагается новый подход к комплексной оценке эффективности защищенности объекта информатизации на основе применения нечетких множеств [1]. Подобный подход к комплексной оценке эффективности защищенности объектов информатизации ранее не применялся. Это дает возможность использовать при описании трудно формализуемых факторов лингвистические переменные и проводить определенные вычисления показателей комплексной оценки.

Подобный подход может быть использован при формировании отчета о выполнении аудита системы безопасности, при принятии решения о совершенствовании системы информационной безопасности, при повышении квалификации и обучении специалистов безопасности в различных отраслях и сферах.

Литература

1. **Заде Л.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 166 с.

*В.А. Суховерхий, студ.; рук. Л.И. Абросимов, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

ОКОННАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ

В настоящее время в операционных системах, относящихся к unix-подобным, используется оконная система X Window System. Также существуют версии X Window System для ряда других операционных систем таких, как DOS или Windows.

X Window System [1] была разработана в 1987 году и в связи с ограниченными вычислительными мощностями компьютеров, существовавших на момент разработки, имеет следующие недостатки: вся отрисовка элементов окон производится X-сервером; данные, передаваемые по сети между X-сервером и удаленными X-клиентами, по умолчанию не шифруются; отсутствует возможность отключить X-клиента или сеанс от одного сервера и подключить его к другому серверу; безопциональный софтверный рендер графики; графика состоит из линий и растровых шрифтов.

Поэтому предлагается разработать оконную систему с клиент-серверной архитектурой, использующую веб-технологии. Серверная часть состоит из HTTP-сервера с установленной серверной частью оконной системы. Клиентской частью оконной системы является любое устройство, поддерживающее стандарт HTML5. Данное решение позволяет не использовать X Window System и тем самым устранить ряд проблем, перечисленных выше, которые связаны с использованием X Window System.

Приложение хранится на сервере. Клиенту высылается HTML-файл с информацией о графической части программы, после чего клиентская часть самостоятельно обрабатывает данные и выводит на дисплей окно для интерфейса с пользователем.

Современные фреймворки для отображения веб-страниц могут распараллеливать вычисления между центральным процессором и видеокартой. Используя веб-технологии, можно решить проблему отключения X-клиента от одного сервера и подключения его к другому X-серверу. Использование веб-технологий позволяет: снизить объем передаваемых данных за счет кэширования, обеспечить возможность использование протокола https.

В дальнейшем планируется разработка дистрибутива операционной системы, с использованием данного подхода в построении оконной системы, и интегрирование с системой виртуализации OpenStack.

Литература

1. **Капитула А.** X11 и все-все-все. Gentoo-doc TEAM, 2010 [Электронный ресурс]. URL: <http://gentoo.theserverside.ru/>

А.И. Тумкина, студ.; рук. Е.Г. Гридина, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ДОКУМЕНТООБОРОТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РОСАТОМА

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» — российский государственный холдинг, который объединяет около 400 предприятий атомной отрасли. Для внедрения единой отраслевой системы электронного документооборота (ЕОСДО) было выбрано в качестве базового программное обеспечение EMC Documentum. Платформа предназначена для автоматизации корпоративного документооборота и управления корпоративной информацией предприятия.

Процесс внедрения был разбит на два этапа:

- 1) реализация функциональности и обкатка на стороне ГК «Росатом»;
- 2) тиражирование на предприятия отрасли.

В рамках проекта было реализовано 17 бизнес-сценариев [1] и 9 сервисных сценариев. Сценарии были объединены в функциональные блоки.

Внедрение происходило поэтапно. Первыми внедрялись блоки: организационно-распорядительная деятельность, внешняя и внутренняя служебная переписка, обеспечение деятельности коллегиальных органов управления, договорная работа, архивная работа.

Способы тиражирования ЕОСДО на предприятия зависят от задач, которые возникают в процессе внедрения системы.

Задачи проекта	Вариант тиражирования
Изменение бизнес-процессов	Предприятие выполняет самостоятельно (методологическая поддержка ГК «Росатом»)
Обучение пользователей предприятия	Дистанционное + силами рабочей группы предприятия
Персональные консультации руководителям предприятия	Силами рабочей группы предприятия
Консультации пользователям на рабочих местах в начале эксплуатации	Силами рабочей группы предприятия

Тиражируемое решение позволило иметь единые справочники и классификаторы, снизило затраты на внедрение, техническую поддержку и оборудование, обеспечило единый интерфейс и позволило унифицировать правила работы с документами.

Литература

1. **Елиферов В.Г., Репин В.В.** Бизнес-процессы: Регламентация и управление. М.: Инфра-М, 2005.

Л.Л. Федотова, студ.; рук. А.Ю. Невский, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ОРГАНИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЗМОВ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

В настоящее время эффективность бизнеса во многом определяется качеством системы управления информационной безопасностью (ИБ) организации. При этом под качеством понимается наличие эффективной политики системы менеджмента ИБ на основе управления рисками, процедур контроля и механизмов обеспечения непрерывности бизнеса. Существующее нормативно-правовое обеспечение [1, 2] не предусматривает процедур управления качеством информационной безопасности, что, на мой взгляд, снижает эффективность всей системы менеджмента организации. Это и определяет актуальность направления исследования.

Основная цель исследования — это разработка системы менеджмента информационной безопасности с использованием механизмов управления качеством на основе стандартов серии ГОСТ ИСО 9000. Такой подход к построению системы менеджмента является новым и позволяет объединять разные концепции управления проектами ИБ как на основе отечественных руководящих документов, так и на основе стандартов серии 27000.

Кроме того, семейство стандартов ГОСТ ИСО 9000 позволяет создавать системы менеджмента качества в организации с облегченной процедурой сертификации. Существующая система управления ИБ предназначена для выполнения четко зафиксированных процедур, жестко регламентированных ФСТЭК, ФСБ, что исключает облегченную процедуру сертификации.

Такой методологический подход позволяет создавать более современные модели управления информационной безопасностью, сочетая процессный подход [1], требования к системам ИБ для информационных технологий и требования стандарта качества [3]. Ранее такой подход не предлагался.

Литература

1. **ГОСТ ИСО/МЭК 27001—2006.** Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования.
2. **COBIT 5.0** for Information Security [Электронный ресурс]. URL: <http://www.isaca.org/cobit5info-sec> (дата обращения 27.10.2015 г.)
3. **ГОСТ ИСО 9001—2001.** Системы менеджмента качества. Требования.

А.А. Чебуреков, студ.; рук. И.М. Крепков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

Облачные вычисления и облачные системы хранения данных завоевали популярность как наиболее удобный способ передачи информации и предоставления функциональных средств в Интернете.

Облачное хранилище данных [1] (англ. *cloud storage*) — модель онлайн-хранилища, в котором данные хранятся на многочисленных распределенных в сети серверах, предоставляемых в пользование клиентам в основном третьей стороной.

Рассмотрены уровни, которые предоставляет облако: уровень инфраструктуры — инфраструктура как сервис (*Infrastructure as a Service — IaaS*); уровень платформы — платформа как сервис (*Platform as a Service — PaaS*); уровень приложений — программное обеспечение как сервис (*Software as a Service — SaaS*). Наиболее удобным уровнем для пользователя является уровень *SaaS* из-за отсутствия затрат, связанных с установкой, обновлением и поддержкой работоспособности оборудования и программного обеспечения, так как этим занимается провайдер.

Был проведен анализ моделей по характеру владения: открытые, закрытые и гибридные. Используя гибридное облако, организации могут определить цели и требования к создаваемым сервисам и получить их, основываясь на выборе наиболее подходящего варианта.

Сравнительный анализ облачных технологий проводился с учетом следующих параметров:

- оборудование, которое используется в настоящий момент;
- тип хранения данных — модели развертывания облачных технологий;
- объем хранения данных, который характеризуется количеством сохраненных данных в облачных приложениях;
- скорость обмена данных, которая зависит как от используемого протокола обмена данными, так и от состояния элементов сети передачи данных;
- доступность к данным с различного оборудования;
- надежность, которая отображает рабочие показатели и длительность срока эксплуатации.

Данный анализ позволит дать рекомендации по выбору облачной технологии для хранения данных.

Литература

1. **Медведев А.** Облачные технологии: тенденции развития, примеры исполнения // Современные технологии автоматизации. 2013. № 2.

А.А. Чухров (Университет «Дубна», г. Дубна), А.Н. Зайкин, студенты;
рук. А.С. Минзов, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

АЛГОРИТМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДАННЫХ БИЛЛИНГОВЫХ СИСТЕМ ПРИ КОНТРОЛЕ ФИНАНСОВЫХ И МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ ДАННЫХ

В современных корпорациях остро стоит вопрос по уменьшению убытков, издержек, сокращению попутных расходов на организацию технологических процессов [1]. Каждый из таких процессов автоматизирован, и в реальном времени фиксируются все ключевые параметры. Программно-аппаратные средства, обеспечивающие оператора такими сведениями, называются биллинговыми системами. Эти системы принципиально позволяют в некоторых случаях выявить объекты, в которых нарушается логика потоков данных с учетом их цикличной изменчивости. На этих принципах построены современные алгоритмы обработки данных биллинговых систем [2]. В более сложных случаях мошеннических действий требуется дополнительная информация.

В рамках данной работы авторы исследуют существующие алгоритмы интеллектуальной фильтрации потоков данных и предлагают новые решения на основе включения дополнительной информации об объекте учета: его экономические, производственные, технологические и другие показатели. Это позволит повысить эффективность мониторинга материальных, энергетических и финансовых потоков объектов учета и снизить уровень мошеннических действий. Результаты будут продемонстрированы на модели электроэнергетической компании.

Первый этап данной работы заключается в исследовании существующих подходов к мониторингу потоков данных с целью контроля их достоверности и целостности.

На втором этапе исследования будет разработана имитационная модель биллинговой системы, генерирующая результаты измерений электроэнергетической компании с учетом заданных сценариев мошеннических действий.

Третий этап предполагает разработку алгоритмов интеллектуальной фильтрации и их апробацию на имитационной модели при различных сценариях и условиях.

Литература

1. **Красник В.В.** 102 способа хищения электроэнергии. М.: ЭНАС, 2011.
2. **Фардиев И.Ш., Сафиуллин Д.Х.** Об инновационном проекте «Умная сеть» // Энергетика Татарстана. 2010. № 3.

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 М.С. Казанов

Л. Аарон Вергара Валдес, асп.; рук. Е.Н. Рыжкова, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)

УЧЕТ НАСЫЩЕНИЯ СЕРДЕЧНИКОВ СТАЛЕАЛЮМИНИЕВЫХ ПРОВОДОВ

В реальных условиях не всегда получается учитывать все влияющие факторы, поэтому в электротехнике для оценки внутренних характеристик проводов применяются упрощенные математические модели. Например, для оценки внутреннего импеданса проводов для воздушных линий применяется модель «полый цилиндр», но при этом пренебрегают несколькими важными факторами, такими как эффект закрутки и насыщение сердечника несущей жилы проводов.

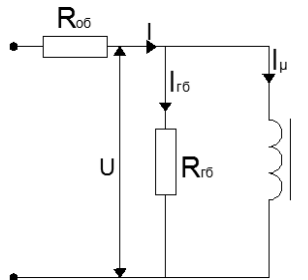


Рис. 1. Схема замещения стальной жилы

В расчетном отношении сердечник провода можно рассматривать как обычную нелинейную индуктивность, как показано на рис. 1. На схеме параллельно с идеализированной нелинейной индуктивностью включено сопротивление $R_{ГВ}$, имитирующее потери энергии в сердечнике на гистерезис, вихревые токи и вязкость, и последовательно включено сопротивление обмотки $R_{об}$; U — напряжение на собственно нелинейной индуктивности.

Потери на гистерезис и вихревые токи $P_{ГВ}$ будут зависеть от ферромагнитного материала сердечника. Если сердечник провода имеет большие потери, тогда потери $P_{ГВ} = I_{ГВ}^2 \cdot R_{ГВ} = I_{ГВ} U$ в нем достаточно велики, а если

сопротивление $R_{ГВ}$ достаточно мало, ток $I_{ГВ} = U/R_{ГВ}$ может оказаться соизмеримым с током $I_{ц}$, протекающим по идеализированной нелинейной индуктивности.

Экспериментальные исследования [1] показывают, как магнитные свойства стали зависят от ее микроструктуры (плотности дислокаций и других дефектов структуры). Сталь имеет петлю гистерезиса, из чего следует, что насыщение стального сердечника сталеалюминиевых проводов может привести к дополнительным потерям в проводах и к возникновению феррорезонансных явлений.

Литература

1. Меркушев А.Г. Исследование внутреннего импеданса завитых сталеалюминиевых проводов на промышленной частоте / А.Г. Меркушев, И.А. Елагин // Журнал технической физики. 2015. № 6. Т. 85.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ С ОДНИМ ДАТЧИКОМ ОСВЕЩЕННОСТИ

Создание системы контроля и управления искусственным светом — это один из самых перспективных методов уменьшения нагрузки на сети освещения на предприятиях. Сейчас такие системы находятся на начальном этапе развития, поэтому существует очень мало алгоритмов, по которым они могут работать.

Один из самых простых, но эффективных алгоритмов управления основывается на контроле естественной освещенности с помощью всего одного датчика освещенности

Для поддержания номинального значения E_H (максимальное из нормируемой освещенности $E_{\text{норм}}$ и номинального значения освещенности светильников $E_{\text{ном}}$) требуется восполнять недостаток естественной освещенности искусственным светом. Его доля в каждой точке будет рассчитываться исходя из доли естественной составляющей, которая, в свою очередь, зависит от КЕО (коэффициента естественной освещенности) и расстояния до окон. Поэтому достаточно знать освещенность в какой-либо одной контрольной точке, а для всех остальных задавать через алгоритм.

Контрольной можно выбрать точку либо снаружи помещения, либо внутри, в месте нормирования КЕО (точка 0).

Для первого случая алгоритм будет следующим:

$$E_k^* = 1 - \frac{r_0^2 \cdot \text{КЕО}_{\text{норм}}}{r_k^2 \cdot K_{3,з} \cdot E_H} \cdot E_N(t), \quad (1)$$

где E_k^* — доля искусственного освещения; $K_{3,з}$ — коэффициент запаса.

В этом случае исключается перекрытие датчика какими-либо объектами внутри помещения, однако не учитывается старение приборов освещения и загрязнение окон, поэтому требуется отслеживать снижение КЕО; а также возможен вандализм в легкодоступных местах.

При установке контрольного датчика внутри помещения алгоритм будет следующим:

$$E_k^*(t) = E_0^*(t) \cdot \frac{r_0^2}{r_k^2} + \left(1 - \frac{r_0^2}{r_k^2}\right). \quad (2)$$

В этом случае старение светильников и снижение КЕО не будут влиять на точность управления, однако сам алгоритм сложнее, а также возможны ошибки из-за перекрытия области контроля.

А.И. Захарова, студ.; рук. С.С. Бодрухина, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Около 15 лет тому назад в энергетике стало массово внедряться новое оборудование для защиты объектов энергоснабжения, использующее компьютерные технологии на базе процессоров. Его сокращено стали называть МУРЗ — микропроцессорные устройства релейной защиты. Они выполняют функции обыкновенных устройств РЗА на основе новой элементной базы — микроконтроллеров (микропроцессорных элементов).

Одна из острых проблем российской электроэнергетики — поддержание в работоспособном состоянии действующих систем РЗА. С этой глобальной задачей связан еще целый ряд частных вопросов, касающихся темпов замены электромеханических реле микропроцессорными, появления новых алгоритмов работы микропроцессорных защит, разработки систем РЗА нового поколения [1].

В работе рассмотрены не только преимущества, но и недостатки таких устройств, а по некоторым показателям до сих пор ведутся споры между производителями и эксплуатационниками.

Преимущества у микропроцессорных защит много: постоянная самодиагностика, более низкие эксплуатационные затраты, совмещение в одном устройстве функций различных защит, управления, измерения, регистрации событий, возможность интеграции в АСУ ТП, оперативное внесение изменений в программы защит, в том числе и для исправления проектных ошибок и пр.

Среди недостатков: электромагнитные шумы или помехи в цепях питания и во входных цепях реле, информационная избыточность в сложных микропроцессорных системах релейной защиты.

Необходимо принять специальные меры по устранению недостатков, чтобы вывести российских производителей на новый уровень конкурентоспособности в области релейной защиты [2].

Литература

1. **Гуревич В.И.** Уязвимость микропроцессорных реле защиты. М.: Инфра-Инженерия, 2014.
2. **Гуревич В.И.** Новая концепция построения МП РЗА // Компоненты и технологии. 2010. № 6.

М.С. Казанов, асп.; рук. А.В. Кондратьев, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

При выборе параметров распределенного источника питания, работающего параллельно с сетью и решении проектной задачи оптимального планирования электрохозяйств необходим комплексный учет факторов производства и потребления энергии, причем как технических (характеризующих распределенную микросистему как часть макросистемы), так и экономических (определяющих рентабельность внедрения распределенных источников).

Многообразие методов многокритериальной оптимизации позволяет выбрать наиболее подходящий математический аппарат с учетом действующих условий расчета, которые применительно к рассматриваемой задаче и определяются вышеупомянутой комплексностью. В [1] в качестве основного метода, отвечающего требованиям поставленных задач, выбран эволюционный алгоритм с недоминируемой сортировкой. Предложенная опорная целевая функция позволяет сочетать технические и экономические факторы внедрения, при этом учитывая сезонные показатели работы системы электроснабжения и генерации.

В предложенном автором [1] подходе расчетный механизм опирается на анализ исходных данных, представляющих собой, с одной стороны, характеристики применяемого оборудования энергоблоков, с другой — параметры системы электроснабжения и электропотребления. Формируемый на следующем этапе набор вариантов выбирается исходя из базовых условий оптимизации, при этом определяются допустимые и граничные значения отдельных и комплексных показателей. Стадия непосредственной оптимизации, будучи основной в предложенном алгоритме, направлена на получение результата в виде качественной выборки, соответствующей заданным требованиям. Учитывая наличие факторов, с большим трудом преобразуемых в численный эквивалент, а также сложность в теоретическом обосновании результата (что является особенностью метаэвристических методов), завершением алгоритма должна стать аналитическая финализация, позволяющая из недоминируемого набора 1-го ранга выбрать единственное решение, подлежащее исполнению.

Литература

1. Казанов М.С., Кондратьев А.В. Подход к выбору параметров распределенной генерации в системах электроснабжения объектов на основе метаэвристических алгоритмов // Журнал «ЭЛЕКТРО». Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность». 2015. № 3. С. 12—17.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ТОЧКИ ПОДКЛЮЧЕНИЯ НОВОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ

В данной работе предложен алгоритм оценки инвестиционной привлекательности выбора точки подключения нового потребителя на основании критерия срока окупаемости капитальных вложений. Применяя этот алгоритм, можно оценить экономическую целесообразность использования более капиталоемкого варианта развития энергосистемы при различном точках расположении нового потребителя относительно существующих энергоузлов и принять решение о строительстве более выгодного варианта. В результате расчета была получена матрица значений срока окупаемости (табл. 1). По вертикали здесь отложены возможные длины кабеля 10 кВ, а по горизонтали — возможные длины кабеля 0,4 кВ.

Таблица 1

Матрица сроков окупаемости

	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100
50	6,691	5,967	5,345	4,807	4,336	3,921	3,552	3,222	2,924	2,655
100	7,108	6,350	5,700	5,138	4,646	4,211	3,826	3,481	3,170	2,889
150	7,525	6,734	6,056	5,469	4,955	4,503	4,100	3,740	3,416	3,124
200	7,944	7,119	6,413	5,801	5,266	4,794	4,375	4,000	3,663	3,358
250	8,364	7,505	6,770	6,134	5,577	5,087	4,651	4,261	3,910	3,593
300	8,785	7,893	7,129	6,467	5,889	5,380	4,927	4,522	4,158	3,829
350	9,208	8,281	7,488	6,802	6,202	5,673	5,204	4,784	4,406	4,065
400	9,632	8,671	7,849	7,137	6,516	5,968	5,481	5,046	4,655	4,301
450	10,058	9,062	8,210	7,474	6,830	6,263	5,759	5,309	4,904	4,538
500	10,484	9,454	8,573	7,811	7,145	6,558	6,037	5,572	5,154	4,775
550	10,913	9,847	8,936	8,149	7,461	6,854	6,317	5,836	5,404	5,013
600	11,342	10,241	9,301	8,487	7,777	7,151	6,596	6,100	5,654	5,251

Если в точке пересечения выбранных длин кабеля находится число большее, чем 6,7 (нормативный срок окупаемости), то это значит, что большие капитальные вложения при прокладке новой линии 10 кВ будут окупаться за счет экономии на издержках слишком долго. При таком расположении потребителя целесообразнее подключить его к уже существующей подстанции 10/0,4 кВ. В противном случае более выгодным будет прокладка кабеля напряжением 10 кВ и установка у потребителя собственной подстанции.

УСТРОЙСТВО РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ЦЕХОВЫХ СЕТЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Среди способов поддержания уровня напряжения в цеховых сетях промышленных предприятий наиболее распространенным является способ регулирования реактивной мощности, что позволяет не только регулировать напряжение, но и поддерживать высокое значение коэффициента мощности.

Известно применение статических компенсаторов реактивной мощности (СТК). Они позволяют плавно изменять значение реактивной мощности за счет изменения значения индуктивности реакторов с помощью тиристорного регулирования. Реакторы подключены параллельно компенсирующей емкости. При этом величина мощности реакторов равняется реактивной мощности конденсаторов. Такой способ регулирования, хотя и обеспечивает плавное и относительно быстрое регулирование, но имеет недостатки: относительно большую мощность реакторов, большие потери электрической энергии и генерацию высших гармоник напряжения [1].

Показатели СТК в случае его применения в цеховых сетях могут быть улучшены, если применить совмещение регулирования со ступенями емкостей. Как показали расчеты, уже при трех ступенях регулирования емкости и применении реакторов мощности в половину реактивной мощности ступени конденсаторов, можно получить шесть ступеней, что обеспечивает необходимую плавность регулирования мощности СТК [2]. При этом резко уменьшаются потери энергии в реакторах (они малой мощности), отсутствует искажение формы кривой напряжения и упрощается система регулирования (отсутствует фазовое регулирование).

Сравнение предлагаемой схемы СТК с СТК различных систем регулирования при мощности 150 квар показало, что предложенная схема компенсирующего устройства для регулирования напряжения в цеховой электрической сети обладает характеристиками, не уступающими известным мощным СТК при значительно более простой системе управления коммутацией тириستоров.

Е.А. Пупыкин, студ.; рук. С.И. Гамазин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ

По оценке Международного энергетического агентства, сегодня до 20 % всей потребляемой в мире электроэнергии расходуется на освещение. Ежегодное повышение тарифов на электроэнергию объективно приводит к необходимости ее сбережения. На данный момент наиболее экономичным источником света являются светодиоды. Современные светодиодные технологии позволяют без потери в уровне освещенности помещения заменить традиционные источники света с существенной экономией электроэнергии.

В настоящее время основную массу источников света, используемых в строящихся и уже эксплуатируемых зданиях и объектах, составляют традиционные источники света (лампы накаливания, люминесцентные лампы, газоразрядные лампы и т.д.). Основная причина их широкого применения — относительно небольшие первоначальные капиталовложения [1]. Однако существует ряд серьезных недостатков в использовании таких источников света. Наиболее существенные из них — высокое энергопотребление, низкая световая эффективность, короткий срок службы.

Исследования показали, что применение светодиодных технологий дает ряд ощутимых преимуществ: экономию электроэнергии, существенное увеличение срока службы, устойчивость к колебанию сетевого напряжения, устойчивость к механическим воздействиям, возможность получения направленного излучения без использования рефлектора, стабильную работоспособность в широком диапазоне температур, снижение негативного влияния на здоровье человека, отсутствие специальных условий утилизации (экологичность) [2].

Сравнение характеристик светодиодных светильников и светильников предшествующих поколений показало, что при замене традиционных источников света возможно добиться экономии электроэнергии от 40 до 90 %. Данный результат подтверждает целесообразность повсеместного использования светодиодных технологий, а принятые в последние годы в России и мире постановления об энергосбережении и повышении энергоэффективности обеспечивают это решение нормативно-правовой базой.

Литература

1. **Колесник Г.П.** Электрическое освещение: основы проектирования: учебное пособие. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006.
2. **Шуберт Ф.Е.** Светодиоды. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ

Электрическая энергия — необходимое условие жизнедеятельности человека и инструмент для создания благоприятных бытовых условий. В экономике России энергосбережение и энергосберегающие технологии являются приоритетными при внедрении их в производство [1].

Высокий рост потребления энергетических ресурсов приводит к нехватке электрических мощностей. При реализации мероприятий по снижению затрат на электроэнергию, большие перспективы может иметь замена традиционных источников света на светодиодные. Переход на новые источники света и световые приборы связан с экономическими выгодами при их применении. Однако при этом следует учитывать не только преимущества, но и недостатки применяемых осветительных приборов.

За исключением очень узкого круга специалистов, мало кто ориентируется в методиках измерения светового потока, расчета тепловых характеристик, надежности и срока службы светодиодов при различных режимах работы и т.д. К сожалению, этим пользуются многие производители осветительных приборов, указывая в документации параметры, не соответствующие реальным [2].

Основной целью работы является анализ возможности использования твердотельных источников света и разработка рекомендаций по их применению в осветительных сетях административных и общественных зданий.

Высокие требования к надежности и энергоэффективности электрических сетей в коммерческих, промышленных и жилых зданиях могут способствовать развитию и применению осветительных сетей, получающих питание от преобразователя переменного тока в постоянный, который устанавливается в главном осветительном щитке. Применение данной методики может улучшить эффективность использования твердотельных источников света, а также повысить безопасность, надёжность и экономичность электрических сетей.

Литература

1. **Фокин В.М.** Основы энергосбережения и энергоаудита. М.: Машиностроение-1, 2006.
2. **Красножон Ю.** Сказка о четырех долларах // Современная светотехника. 2010. № 6.

Секция 32

ЭНЕРГЕТИКА ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ

*Председатель секции — первый проректор,
к.т.н., профессор Т.А. Степанова
Секретарь секции — ассистент С.Н. Гимаева*

*И.Р. Абдулгужина, студ.; рук. С.В. Матвеев, асп.
(МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

ГЕНЕРАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЗА СЧЕТ ОТВОДА ТЕПЛОТЫ В ЗОНЕ ВТОРИЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

По сообщению World Steel Association (Всемирной ассоциации стали) в 2014 году выплавка стали составила свыше 1,6 млрд т и имеет устойчивую тенденцию к увеличению. Вся сталь после выплавки находится в жидком состоянии с температурой около 1600 °С, и в процессе охлаждения до температуры окружающей среды с каждой тонны отводится тепловая энергия в количестве 1400 МДж.

Часть этой тепловой энергии отводится в пределах существующего оборудования для разливки, так, около 95 % всей стали разливается в машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). При этом отводится тепловая энергия (в кристаллизаторе порядка 15 % — 127,5 МДж/т; в зоне вторичного охлаждения (ЗВО) 85 % — 722,5 МДж/т), водовоздушной смесью на температурном уровне, не превышающем 100 °С, что приводит к необратимым потерям теплоты разливаемой стали в окружающую среду. При этом для отвода этой теплоты в пределах МНЛЗ необходимо затратить около 2 кВт·ч электроэнергии на тонну разливаемой стали.

Целью данной работы является исследование возможности использования теплоотвода от разливаемой стали в ЗВО МНЛЗ для собственной генерации электроэнергии.

Для реализации такой задачи необходима замена водовоздушного охлаждения в ЗВО МНЛЗ на высококипящие теплоносители. Так, использование жидкометаллических теплоносителей в энергетике для генерации электроэнергии и в металлургии для охлаждения стали в ЗВО МНЛЗ от-

крывает возможности объединения этих технологий с последующей генерацией электроэнергии на теплоотводе от стали в ЗВО МНЛЗ.

С этой целью необходимо организовать охлаждение стали в ЗВО МНЛЗ жидкими металлами при температуре, которая соответствует современному энергооборудованию атомных электростанций (АЭС) (от 300 до 600 °С). Организация работы теплоносителя в таких условиях может позволить использовать тепловую энергию стали в ЗВО МНЛЗ для генерации электроэнергии.

Таким образом, в результате модернизации с каждой тонны стали в ЗВО МНЛЗ при КПД паротурбинной установки около 40 %, возможно сгенерировать порядка 80 кВт·ч электроэнергии, которую в дальнейшем можно использовать на собственные нужды МНЛЗ, а излишки — на энергопотребляющих участках промышленного предприятия.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В УСТАНОВКЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ БИФЕНИЛОВ

Высокотемпературное обезвреживание хлорсодержащих отходов характеризуется низким уровнем значений показателей энергетической эффективности и высоким уровнем выбросов токсических веществ в окружающую среду. Таким образом, поиск технических решений проблемы подразумевает разработку установок, обеспечивающих максимально возможное полезное использование теплоты отходящих газов, а также внедрение эффективных систем очистки образующихся газов.

При реализации данных решений проводятся следующие мероприятия по повышению энергетической и экологической эффективности:

- подогрев воздуха для горения топлива и отходов в циклонном реакторе до температуры 600 °С и выше;
- нейтрализация образующегося HCl путем впрыска щелочного реагента в объем сжигающего устройства;
- установка котла-утилизатора за рекуператором;
- установка испарительного скруббера;
- использование системы каталитической фильтрации.

Разработаны варианты тепловых схем утилизации жидких хлорсодержащих отходов с использованием указанных мероприятий. Выбрана оптимальная тепловая схема обезвреживания, включающая в себя циклонный реактор с агрегатной нагрузкой 1000 кг/ч, газоход, две ступени рекуператора и котел-утилизатор, подходящий по характеристикам для данной установки.

Для очистки дымовых газов от диоксинов в разработанной установке предлагается система фирмы GORE® REMEDIA®: GORE-TEX®. Эта каталитическая система работает в существующем рукавном фильтре, обеспечивая уничтожение диоксинов без изменений процесса или изменения в используемой установке. Мембрана захватывает мелкие частицы на поверхности фильтра. Когда фильтр очищается, твердые вещества высвобождаются с поверхности и собираются в нижней части бункера рукавного фильтра. Газообразные диоксины и фураны проходят через мембрану GORE-TEX® в каталитический чувствительный элемент. Катализатор мгновенно реагирует с молекулами диоксинов и фуранов, чтобы преобразовать их в незначительные количества CO₂, H₂O и HCl.

*В.М. Белокурова, студ.; рук. Е.Г. Нешпоренко, к.т.н., доц.
(МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

СЖИГАНИЕ УГЛЯ В ШЛАКОВОМ РАСПЛАВЕ КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

С ростом энергопотребления возникают задачи не только поиска новых, но и рационального использования традиционных природных ресурсов с целью энергосбережения в теплоэнергетике, а также экологически чистого производства энергии.

Согласно Энергетической стратегии России на период до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. №1715-р, должны быть проведены мероприятия по снижению удельных показателей загрязнения окружающей среды предприятия топливно-энергетического комплекса, а также проведена оптимизация структуры топливно-энергетического баланса с увеличением доли угля, так как его запасы велики по сравнению с запасами нефти и природного газа. Целью работы является поиск возможностей расширения доли угля в топливно-энергетическом балансе России с максимальным использованием энергии от сжигания углей в различных теплотехнологиях.

Для традиционных методов сжигания твердого топлива характерны установки топливоприготовления, пылеподачи и золошлакоудаления, а также существует необходимость в обогащении при использовании низкосортных углей. Данные методы приводят к строительству золошлакоотвалов и накоплению выбросов оксидов азота и серы.

Сжигание угля в шлаковом расплаве исключает использование данных установок. Уголь подается в камеру-газификатор, заполненную жидким шлаком, без предварительной подготовки. Слой шлака продувается обогащенным дутьем, благодаря чему он поддерживается в состоянии газошлаковой эмульсии. Для перехода серы топлива в жидкую фазу в расплав подают известняк, что значительно снижает концентрацию оксидов серы в входящих газах по сравнению с традиционными методами [1].

Таким образом, технология сжигания угля в шлаковом расплаве является энергоэффективной и экологически чистой: она обеспечивает безотходное использование органической и минеральной части угля.

Литература

1. **Андрюшин А.В., Мадоян А.А.** Безотходная ТЭС с газификацией твердого топлива в барботируемом шлаковом расплаве. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. С. 36—39.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛНЫХ ЭНТАЛЬПИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОЦЕССА ГАЗИФИКАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Рост промышленного производства и увеличение потребительской активности выдвигают на первый план проблему утилизации твердых бытовых отходов (ТБО). В России ежегодно образуется около 300 кг ТБО на одного человека. Их химический состав — от 55 до 80 % органических веществ, в том числе от 28 до 35 % углерода. Одним из наиболее перспективных методов термической переработки является газификация — процесс высокотемпературного превращения отходов в газ, называемый генераторным газом, а также в небольшое количество золы, проводимый в специальных реакторах (газогенераторах) с ограниченным доступом воздуха или кислорода.

В данной работе в среде MathCAD был проведен расчет материального и теплового баланса газификации ТБО по составу для средней полосы России. Отличительной особенностью этого расчета является то, что уравнение сохранения энергии было записано в полных энтальпиях. Результаты расчета представлены в табл. 1.

По итогам расчета материального и теплового баланса газификации ТБО были определены состав генераторного газа и адиабатическая температура процесса газификации. Ранее апробация предложенной математической модели проводилась путем сравнения расчетов с данными, приведенными в [2].

Полученную модель можно применять для расчетов процессов термохимической переработки (утилизации) углеродосодержащих отходов.

Таблица 1

Результаты расчета для ТБО

Равновесные концентрации основных компонентов (объемная доля), %						
N ₂	H ₂	H ₂ O	CO	CO ₂	CH ₄	t _{гр} , °C
18,1	39,6	4,9	35,6	1,8	3,7·10 ⁻⁴	1183

Литература

1. **Энтальпии** образования энергетических углей из элементов в стандартных состояниях и расчет газификации бурых углей как пример использования энтальпии образования / Е.В. Самуйлов, Н.М. Корценштейн, Л.Н. Лебедева, Н.А. Шевелева // Бутлеровские сообщения. 2002. Т. 2. № 10.

2. **Ипполитов В.А., Беляева О.В.** Использование энтальпии образования углеродосодержащих веществ для расчета процесса газификации твердых бытовых отходов // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии: Материалы Межд. научн.-техн. конф. (2015 г., Иваново). Иваново: ФГБОУВПО «ИГЭУ им. В.И. Ленина», 2015. Т. 2.

ПИРОЛИЗ ИЗНОШЕННЫХ ШИН В ЦЕЛЯХ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЖИДКОГО ТОПЛИВА

Проблема переработки изношенных автомобильных шин и вышедших из эксплуатации резинотехнических изделий имеет большое экологическое и экономическое значение для всех развитых стран мира. Невосполнимость природного нефтяного сырья диктует необходимость использования вторичных ресурсов с максимальной эффективностью.

Работа посвящена изучению пиролиза как одного из способов переработки изношенных шин. Он представляет собой процесс термического разложения содержащихся в шинах органических соединений без доступа кислорода. Пиролиз шин сегодня является наиболее экономичным и экологически чистым методом их утилизации, поскольку он решает не только вопросы переработки вторсырья, но и позволяет получать жидкое топливо.

Продукты пиролиза: 1) газ, идущий на поддержание процесса; жидкое топливо (используется как печное топливо в котельных, либо его разгоняют на фракции и получают бензин, керосин); 2) твердый остаток — технический углерод (находит применение при очистке сточных вод как адсорбент, а также используется в качестве активного наполнителя в производстве резиновых смесей, пластмасс и в лакокрасочной промышленности); 3) металлический корд (металлолом).

В работе проведен расчет материального и теплового баланса процесса пиролиза. В результате расчета материального баланса был получен следующий состав парогазовой смеси на выходе из реторты:

$\text{CO} = 27,07 \%$; $\text{H}_2 = 0,82 \%$; $\text{CO}_2 = 2,78 \%$; $\text{N}_2 = 58,37 \%$; $\text{CH}_4 = 10,93 \%$;

$\text{C}_2\text{H}_6 = 0,01 \%$; $\text{H}_2\text{O} = 0,02 \%$.

В результате расчета теплового баланса определено необходимое количество теплоты, которое нужно подвести в реактор.

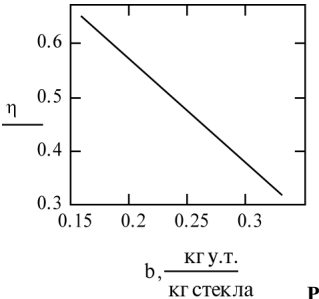
Были рассмотрены некоторые пиролизные установки, которые в настоящее время существуют на российском рынке, и был выполнен сравнительный анализ двух печей с одинаковой производительностью, но с принципиально разными режимами работы: установка периодического действия от компании TT GROUP Fortan-12 и установка непрерывного действия от компании «Безопасные технологии» УТД-2-500. Делая вывод, можно сказать, что более современной и надежной является установка непрерывного действия. Ее главные преимущества — это автоматизированная система управления, более качественное получаемое жидкое топливо и непрерывность работы.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЖИДКОГО СТЕКЛА ПУТЕМ ГЛУБОКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ОТХОДОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ РАСПЛАВА СИЛИКАТА НАТРИЯ

В связи со сложившейся экологической ситуацией в мире, и в России в частности, как никогда раньше встает вопрос о разумном использовании энергетических ресурсов. Объем топлива, потребляемого на предприятии, напрямую зависит от эффективности утилизации тепловых отходов.

Для проведения энергетического анализа была выбрана существующая теплотехнологическая схема (ТТС) по производству силиката натрия, состоящая из ванной стекловаренной печи, регенеративного подогревателя воздуха (РПВ) и котла-утилизатора дымовых газов [1].

На основе проведенного анализа [2] были определены основные показатели ТТС: удельный расход условного топлива $b = 0,33$ кг у.т./кг силиката натрия и КПД ТТС $\eta = 31,8$ %. Полученные данные указывают на то, что данная ТТС обладает большим потенциалом энергосбережения.



ис. 1. Зависимость КПД ТТС от удельного расхода условного топлива

Для повышения энергетической эффективности работы ТТС были предложены и рассчитаны: подогрев воздуха в РПВ до 1200 °С, подогрев шихты до 550 °С, использование устройства водной грануляции расплава и теплообменного аппарата для получения пара и горячей воды соответственно [3].

Совместное применение данных мероприятий позволяет снизить удельный расход условного топлива до $b = 0,16$ кг у.т./кг силиката натрия и благодаря этому повысить КПД теплотехнологической системы до $\eta = 64,9$ % (рис. 1).

Литература

1. Корнеев В.И., Данилов В.В. Растворимое и жидкое стекло. СПб.: Стройиздат, 1996.
2. Левченко П.В. Расчет печей и сушил силикатной промышленности. М.: Высшая школа, 1968.
3. Гуцин С.Н. Теплотехника стекловаренных печей: учебное пособие. Екатеринбург: УГТУ, 1998.

УТИЛИЗАЦИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС

Эффективная утилизация золы энергетических предприятий, работающих на угле, может помочь значительно снизить негативное влияние на окружающую среду и улучшить экономические показатели [1]. Зола широко используется в разных производствах и имеет хорошие рыночные перспективы.

Новейшие технологии утилизации золы:

- 1) летучая зола в асфальте;
- 2) строительная промышленность (заполнители);
- 3) аэрированная керамика.

Важное значение, с точки зрения использования топливных шлаков и зол при производстве строительных материалов, имеет способ удаления этих отходов с территории ТЭС. В настоящее время на большинстве действующих ТЭС золу и шлак удаляют совместно — гидротранспортированием. Для более эффективного использования золошлаковых отходов применяют установки сухого золоотбора.

Золошлаковые отходы ТЭС используются в качестве: добавки к цементу (до 15 %), компонента цементной сырьевой смеси, пористых заполнителей, добавок в строительные растворы; также делают вяжущее на основе золы и шлаков ТЭС, бетоны на основе золы.

Предусматривается возможность введения в состав строительных растворов около 20 % тонкодисперсной летучей золы ТЭС с целью экономии цемента высоких марок. В данном случае золе отводится роль минерального микрозаполнителя цемента, который способствует увеличению пластичности растворов.

Например, использование летучей золы и золошлаковых отходов ТЭС в керамзитобетоне вместо кварцевого песка, снижает его плотность на 40 — 80 кг/м³ и позволяет сократить затраты цемента при производстве бетона на 15—50 кг в расчете на 1 м³ бетона. При этом повышается коррозионная стойкость и теплофизические показатели бетона [2].

Применение летучей золы при производстве бетона обеспечивает максимальную экономию цемента (10—25 % в зависимости от вида, качества заполнителей и типа конструкций).

Литература

1. **Твердые** промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка / А.А. Дрейер, А.Н. Сачков, К.С. Никольский и др. М., 1997.
2. **Делицын Л.М., Власов А.С.** Необходимость новых подходов к использованию золы угольных ТЭС // Теплоэнергетика. 2010. № 4.

А.В. Замолаева, студ.; рук. И.П. Морозов, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА БЕЗОТХОДНОЙ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ МЕДНОГО КОНЦЕНТРАТА МЕТОДОМ «ПРЯМО ДО МЕДИ»

В настоящее время вопрос энергосбережения находится на первом месте. Это связано с тем, что современные системы переработки медных концентратов отличаются большой энергоемкостью и большим количеством вредных отходов. Таким образом, поиск технических решений проблемы подразумевает разработку безотходной энергосберегающей системы с использованием высокотехнологичного оборудования.

Разработаны два варианта безотходных энергосберегающих схем. Первый заключается в следующем: подогретая шихта поступает в реактор-окислитель, на выходе из которого получают черновую медь, шлак, который поступает на производство цемента, и отходящие газы (ОГ) при температуре 1400 °С, часть которых идет в реактор восстановления SO₂ и на получение сажеводородной смеси, а часть направляется в котел-утилизатор, за которым находится подходящая по мощности турбина, вырабатывающая электроэнергию. Также в этой схеме в реакторе Клауса производится сера.

Вторая схема отличается от первой особым способом переработки шлака. Шлак, поступающий из реактора-окислителя, измельчается, охлаждается, а затем поступает во флотационную установку, после которой в результате магнитной сепарации на выходе получается медь, железный концентрат и отвальный шлак.

Для выбора наиболее выгодной теплотехнологической системы была посчитана энергоемкость каждой схемы. Удельная энергоемкость черновой меди (ЧМ) по первой схеме составила 3,5 кг у.т. /кг ЧМ, а по второй схеме, с использованием флотационной установки, удельная энергоемкость ЧМ составила 2,6 кг у.т. /кг ЧМ. В результате проведенных исследований сделан вывод: выбор схемы с флотационной установкой является предпочтительным.

*М.Н. Запарнюк, А.А. Сергеева, студенты; рук. Е.Г. Нешпоренко, к.т.н.,
доц. (МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ПЕРЕРАБОТКА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

Современные предприятия черной металлургии, базирующиеся на традиционной аглококсодоменной технологии, все больше сталкиваются с проблемой нехватки высококачественных железорудных ресурсов вследствие обеднения сырьевой базы. Руды, альтернативные используемым, такие как сидеритовые и титаномагнетитовые, по своим физико-химическим параметрам не могут быть широко введены в действующее металлургическое производство.

Одним из способов интенсификации процесса обжига руды является обработка ее при более высокой температуре. При проведении высокотемпературного процесса обжига сидеритовой руды образуются компоненты: Fe — 55 %, FeO — 30 %, MgO — 12 %, S — 0,02 %, при этом температура плавления образующихся шлаков составляет около 2500 °С. Поскольку данный температурный уровень неприемлем для действующей технологии, его необходимо понизить. Добавками, снижающими основность руды и соответственно и температуру плавления ее шлаков, являются CaO, SiO₂ и др.

Расчет показал, что при добавлении на тонну сидерита 100 кг CaO и 1950 кг SiO₂ образуются шлаки с температурой плавления, равной 1500 °С [1], что вполне приемлемо для протекания процесса. С помощью термодинамической диаграммы, показывающей зависимость изобарного потенциала образования оксидов от температуры [2], определена температура не менее 2270 °С, при которой начинается восстановление магния из расплава, что для решения поставленной задачи неприемлемо.

Таким образом, диапазон рабочих температур для термодинамически идеального процесса восстановления железа из расплава сидеритовой руды составляет 1500—2270 °С. Если рабочая температура опустится ниже этого диапазона, то образующиеся при восстановлении шлаки станут вязкими, начнется процесс кристаллизации. При повышении температуры обрабатываемого материала выше верхнего предела в рабочей зоне создадутся условия, при которых интенсифицируется процесс восстановления магния.

Литература

1. **Атлас** шлаков: справ. изд. / под ред. И.С. Куликова; пер. с нем. Г.И. Жмойдина. М.: Металлургия, 1985. 208 с.
2. **Вегман Е.Ф.** Краткий справочник доменщика. М.: Металлургия, 1981. 240 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ ПЕЧАХ

Основным способом получения цементного клинкера является обжиг сырьевых материалов во вращающихся печах. Однако вращающиеся печи обладают рядом существенных недостатков: небольшим КПД, большими габаритами и негативным воздействием на окружающую среду.

Целью настоящей работы являлось исследование параметров вращающейся печи на математической модели на основе компьютерной программы с целью их оптимизации [1].

При мокром способе производства удельный расход топлива составляет 203 кг у.т./т клинкера, а при сухом — 114 кг у.т./т клинкера. Как и следовало ожидать, наиболее существенное влияние на расход топлива оказывает влажность сырья.

Далее исследовалось влияние температуры уходящих газов на расход топлива: снижение $t_{уг}$ на 100 °С сокращает расход топлива примерно на 10 %, а аналогичное снижение температуры клинкера на выходе из холодильника — лишь на несколько процентов.

Уменьшение потерь в окружающую среду на 20 % (в расчете на килограмм клинкера) позволяет сократить расход топлива на 2,5 %. А теоретическое сокращение потерь до нуля позволило бы добиться экономии топлива на 14 %.

Теоретически существенную роль может играть снижение расхода тепла на процесс, что может быть реализовано при использовании доменных и сталеплавильных шлаков, а также отходов других производств, с повышенным содержанием СаО.

Вывод по результатам работы: уменьшение теоретического расхода тепла на процесс вызывает уменьшение расхода топлива в 2 раза в процентном соотношении.

Обогащение дутья кислородом может привести, при определенных значениях, к минимуму расхода топлива, однако высокие концентрации O_2 приводят к обратному эффекту — перерасходу топлива.

Дальнейшее проведение исследований предусматривает изучение влияния отдельных параметров в комплексе. При одновременном сокращении нескольких видов потерь можно получить существенный энергосберегающий эффект.

Литература

1. Кузьмин В.Н., Морозов И.П. Оптимизация параметров вращающейся печи на математической модели: методическое пособие. М.: Издательство МЭИ, 2014.

*Н.В. Карбаинова, студ.; рук. Е.Г. Нешпоренко, к.т.н., доц.
(МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

КОНВЕРСИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА КАК СРЕДСТВО ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ ФУТЕРОВКУ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕЧИ

Проблема энергоресурсосбережения является чрезвычайно актуальной для теплотехнологического комплекса черной металлургии, являющегося одним из главных потребителей первичных природных ресурсов. В процессе жидкофазного восстановления железа ограждение высокотемпературной технологической печи выполняет теплозащитную функцию, при этом повышение эффективности защиты огнеупорной футеровки предполагает наличие системы охлаждения [1]. Тепловые потери можно снизить путем применения перфорированного ограждения при одновременной конверсии природного газа. Природный газ с точки зрения технологических требований восстановительной плавки, а также с точки зрения затрат на ресурсы, транспорт и обеспечение условий труда, является перспективным восстановителем в плавильно-восстановительных процессах переработки железных руд на металл.

Поскольку природный газ не обладает высокой активностью при взаимодействии с оксидами железа, его предварительно подвергают конверсии с различными окислителями (O_2 , H_2O , CO_2 , воздух и их смеси). Реакции конверсии природного газа являются эндотермическими, вследствие чего теплота, отходящая через ограждение высокотемпературной технологической печи, не только идет на повышение температуры первичного топлива, но и преобразуется в химическую энергию реакции [2]. Особенности, учитываемыми при принятии решения о применении данного метода, являются параметры перфорированного ограждения, характеристики потока природного газа и окислителя и результаты исследования термохимического эффекта данного процесса.

Тепловую работу перфорированного ограждения при одновременной конверсии природного газа целесообразно использовать для снижения расхода первичных энергетических ресурсов на единицу продукции за счет возвращения тепловой энергии в процесс.

Литература

- 1. Нешпоренко Е.Г., Картавцев С.В., Сысуев Н.Е.** Обоснование эффективности регенерации теплоты через перфорированные ограждения высокотемпературных установок // Вестник МГТУ. Магнитогорск, 2013. № 1.
- 2. Попов С.К.** Методика оценки эффективности применения термохимической регенерации тепловых отходов // Промышленная энергетика. 2014. № 8. С. 36—40.

А.В. Коляда, студ.; рук-ли Б.А. Соколов, к.т.н., проф.;
В.А. Тумановский, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И МИРОВОЙ ОПЫТ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В УГОЛЬНЫХ БЛОКАХ НА СУПЕРСВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ ПАРА

Повышение параметров пара является одним из главных путей повышения КПД паротурбинных энергоблоков современных тепловых электростанций. Каждый процент увеличения КПД сокращает удельные выбросы CO₂ на 2—3 %. Мировая теплоэнергетика достигла значительного прогресса, переходя от критических параметров пара (давление $P = 16$ МПа, температура $t = 540$ °С) к сверхкритическим ($P = 24$ МПа, $t = 540$ °С) и суперсверхкритическим ($P > 30$ МПа, $t > 650$ °С). Высокоэкономичные пылеугольные паровые энергоблоки единичной мощностью 350—1000 МВт строятся в последние годы в Европе и Японии. Топливом для них является энергетический каменный уголь.

Существенные успехи в развитии угольных ТЭС достигнуты за последние годы в Германии, где уже в 1998 г. на ТЭС Schwarze Pumpe были введены два энергоблока, работающих на буром угле, мощностью по 800 МВт с параметрами пара 26,8 МПа, 547/565 °С, КПД 40,8 %; в 2002 г. — энергоблок на ТЭС Nideraussem мощностью 1012 МВт брутто и 965 МВт нетто с КПД 45,2 %, параметры пара — 27,5 МПа, 580/600 °С.

Российская энергетика вернулась к вводу новых мощностей современного уровня, пережив кризис застоя в развитии. Согласно Генеральному плану развития энергетики до 2030 г. планируется разработка и ввод до 2020 г. первых пылеугольных блоков мощностью 660 МВт на суперсверхкритических (ССКП) параметрах пара с давлением до 30 МПа и температурой 600 — 620 °С. К настоящему времени Таганрогский и Подольский котельные заводы и ОАО «Силовые машины» с участием ВТИ и ЦКТИ проработали эскизные варианты котлов и турбин для такого блока, рассчитанного на сжигание кузнецкого каменного угля марок «Г» и «Д».

Повышение параметров пара сдерживается отсутствием новых высокопрочных материалов для пароперегревательных труб и выходных коллекторов. По мере создания новых, более жаропрочных марок стали все более реальным становится переход на суперсверхкритическое давление. В настоящее время ученые НИУ «МЭИ» работают над проектом для экологически чистого угольного блока 1000 МВт (котел, турбина, паропроводы, газоочистное оборудование), работающего на суперсверхкритических параметрах пара — 35 МПа, 700/720 °С, с КПД ~51—53 %.

Изучение отечественного и мирового опыта позволит избежать ошибки при создании нового современного энергоблока ТЭС.

А.В. Коляда, студ.; рук-ли Б.А. Соколов, к.т.н., проф.;
В.А. Тумановский, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЯ В РФ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИЛОВЫХ БЛОКАХ МОЩНОСТЬЮ 1000 МВт И ВЫШЕ

Переработка угля относится к категории стратегически важных направлений как для развития угольной отрасли, так и для всей энергетической системы страны. Запасов угля на планете хватит на 600 лет, поэтому основными источниками энергии в долгосрочном периоде за пределами нефтегазовой цивилизации будут уголь и атомная энергетика. Доказанные запасы угля в РФ на 2014 год составляют: каменный уголь — 49 088 млн т; бурый уголь — 107 922 млн т. Добыча угля в 2014 году составила 358 млн т (из них открытым способом 253,9 млн т).

Развитие угольных ТЭС, с учетом ожидаемого увеличения доли угля в отечественной электроэнергетике и необходимости сокращения выбросов CO₂, требует дальнейшего повышения КПД паросиловых энергоблоков и, соответственно, параметров пара до ультрасверхкритических. В настоящее время ученые НИУ «МЭИ» работают над проектом для экологически чистого угольного блока 1000 МВт (котел, турбина, паропроводы, газоочистное оборудование), работающего на ультрасверхкритических параметрах пара (УСКП) 35 МПа, 700/720 °С, с КПД ~51—53 %.

На данном этапе требуется определить, где брать уголь и где строить ТЭС. Предварительные расчеты показали, что необходимое количество угля в год для работы данного блока составит около 1,7—2,0 млн т условного топлива. Проведя анализ рынка угольной промышленности, цен и объемов предлагаемого угля, мест предполагаемого строительства ТЭС и их экологической обстановки, транспортного и промышленного окружения, использования выработанной электрической энергии и учитывая развитие отрасли на период до 2030 года, были сделаны предварительные выводы. Требуемое количество каменного энергетического угля для данного проекта может обеспечить Кузнецкий бассейн, который расположен на юге Западной Сибири в Кемеровской области и является главной угольной базой страны, обеспечивающий половину общероссийской добычи угля. Здесь залегают каменный уголь высокого качества, в том числе коксующийся. Главными центрами угледобычи являются Новокузнецк, Кемерово, Прокопьевск, Анжеро-Судженск, Белово, Ленинск-Кузнецкий.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА НА НАРУЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДЕНИЯ ВАННЫХ СТЕКЛОВАРЕННЫХ ПЕЧЕЙ

Тепловая экономичность и производительность одной кампании ванной стекловаренной печи в значительной степени зависят не только от теплофизических свойств огнеупоров и обмуровки, но и от условий свободно-конвективного теплообмена на внешней поверхности ограждения печи.

Известные эмпирические зависимости дают значительный разброс значений коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции на наружной поверхности ограждения ванной стекловаренной печи. Неопределенность в выборе расчетных соотношений для данного коэффициента затрудняет выполнение теплотехнического расчета агрегата. Исследование свободно-конвективного теплообмена применительно к условиям на наружной поверхности ограждения ванной стекловаренной печи даст возможность устранить эту неопределенность, повысив тем самым точность результатов расчета.

Для описания условий теплообмена на наружных поверхностях ванной стекловаренной печи выбрана зависимость вида

$$Nu = a Ra^b, \quad (1)$$

где Nu — число Нуссельта; Ra — число Рэлея; a и b — коэффициенты, получаемые из регрессионного анализа результатов вычислительных экспериментов. С целью получения искомых параметров a и b для различных элементов ограждения ванной стекловаренной печи (под, свод, боковые стены) использовались пакеты компьютерных программ PHOENICS и MathCAD.

В среде PHOENICS создана математическая модель топливной ванной плавильной печи, позволяющая исследовать стационарную теплопередачу через элементы ограждения и свободно-конвективный теплообмен на наружной поверхности этих элементов. В процессе исследования варьировалась температура внутри печи от 1000 до 1500 °С.

В среде MathCAD рассчитывались значения локальных коэффициентов теплоотдачи на основе данных, полученных в PHOENICS. Результаты усреднялись по элементам ограждения: под, боковая стенка в районе расплава, боковая стенка в районе газового объема печи, свод, — а также рассчитывались величины Nu и Ra . Для каждого элемента ограждения в результате регрессионного анализа полученных данных по Nu и Ra получены соответствующие значения коэффициентов a и b в зависимости (1).

Результаты исследования обеспечивают более точный расчет тепловых потерь в окружающую среду для высокотемпературных установок.

*С.В. Матвеев, асп.; рук. С.В. Картавцев, д.т.н., проф.
(МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ РАЗЛИВАЕМОЙ СТАЛИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС

В настоящее время в металлургии наблюдается устойчивая тенденция к развитию электросталеплавильного производства (ЭСПП) стали. Порядка 30 % всей стали, а это свыше 500 млн т в год, выплавляется в основном агрегате ЭСПП — дуговой сталеплавильной печи (ДСП). Так, для выплавки 1 т стали в ДСП на чистом ломе теоретически необходимо 389 кВт·ч электроэнергии, но в реальности потребление превышает 700 кВт·ч/т. Такие показатели потребления электроэнергии на металлургических предприятиях при внедрении ЭСПП стали причиной либо строительства собственных источников генерации (ТЭЦ, ТЭС,...), либо закупки энергоносителя на стороне у внешних электрогенерирующих компаний.

Однако большая часть потребляемой электроэнергии усваивается выплавляемой сталью и уносится из ДСП в виде теплоты готового продукта: около 1400 МДж с каждой тонны. Вся эта энергия отводится в процессе разлива охлаждающими теплоносителями (водой и воздухом) при уровне температуры, не превышающем 100 °С, и рассеивается в окружающей среде.

Известно множество решений по использованию теплоты разливаемой стали посредством высокотемпературных теплоносителей из класса жидкометаллических. Причем направления использования тепловой энергии стали не указаны. В данной работе рассматривается использование теплоты разливаемой стали для генерации электроэнергии в электросталеплавильный процесс.

Для реализации этой задачи выполнен подбор охлаждающего теплоносителя для разлива и разработан теплотехнический принцип организации теплообмена между теплоносителем и сталью. Выбрано вертикальное формирование стального изделия в прямоточном контактном движении теплоносителя и стали в поле сил тяжести. Осуществление таких мер позволит при сохранении качественных показателей изделия нагревать теплоносители до 600 °С и отправлять их в паротурбинный цикл (ПТУ). При этом ЖМТ широко применяются в атомной энергетике, где существует стандартное оборудование для генерации электроэнергии. Таким образом, с учетом КПД ПТУ порядка 40 % возможно сгенерировать (свыше 150 кВт·ч/т стали) электроэнергию и отправить ее в ЭСПП для частичного замещения потребляемой извне электроэнергии в ДСП.

И.В. Минкин, студ.; рук. С.К. Попов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТАРНОГО СТЕКЛА

С каждым годом в России и в мире в целом происходит наращивание темпов производства тарного стекла. Как следствие, промышленные предприятия наращивают мощности производственных установок. Поскольку производство стекла — энергоемкий процесс, можно сделать вывод об увеличении затрат и на энергоресурсы, и на сырьевые материалы.

В работе выполнен обзор направлений энергосбережения в теплотехнологии производства тарного стекла, для ряда мероприятий проведен сопоставительный анализ их энергетической эффективности.

Детально исследованы возможности утилизации одного из тепловых отходов стекловаренной печи — теплового потока, отводимого от стекломассы в зоне охлаждения. Для исследования выбран вариант использования указанного теплового потока для нагрева теплоносителя в регенеративном теплообменнике, который состоит из труб Фильда (тупиковых труб), размещенных горизонтально с определенным шагом по длине зоны охлаждения.

Разработана математическая модель описанного теплообменника, включающая в себя уравнения радиационно-конвективного теплообмена и теплопередачи внутри труб Фильда, а также уравнения радиационного теплообмена между наружной поверхностью труб Фильда, расплавом и ограждением зоны охлаждения.

Выполнена программная реализация модели [1], проведены расчетные исследования. Изучена зависимость теплотехнических характеристик теплообменника от его конструктивных и режимных параметров. Выполнена оценка эффективности регенеративного использования теплоты охлаждаемого расплава в совокупности с другими энергосберегающими мероприятиями: повышением доли стеклобоя, повышением температуры подогрева окислителя.

Результаты работы могут быть использованы при разработке теплообменников на основе труб Фильда, при выборе направлений энергосбережения в теплотехнологических установках производства тарного стекла.

Литература

1. **Голощанов А.Л.** Microsoft® Visual Studio 2010. СПб.: БХВ-Петербург, 2011.

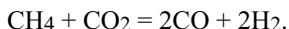
*А.В. Мурзадеров, студ.; рук. С.В. Картавцев, д.т.н., проф.
(МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СХЕМА ОБРАБОТКИ СИДЕРИТА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОТУРБИННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Процесс подготовки руд в черной металлургии является очень энергозатратным мероприятием, для которого необходимо большое количество природного газа и электроэнергии.

На сегодняшний день в современной промышленности существует большое количество альтернативных железных руд, например сидерит (FeCO_3). Годовое производство концентрата обожженного сидерита (КОС) на Бакальском месторождении составляет 5 млн т руды в год. Таким образом, можно сделать вывод о том, что на сидерит есть спрос, и его обработка требует большого количества энергетических ресурсов.

Обжиг сидерита осуществляется при температуре $650\text{ }^\circ\text{C}$, при этом из руды выделяется большого количества CO_2 — $193\text{ м}^3/\text{т}$, который можно использовать в реакции углекислотной конверсии метана:



Реакция протекает при температуре $1000\text{ }^\circ\text{C}$, в результате мы получаем синтез-газ с температурой горения $2400\text{ }^\circ\text{C}$ и теплотворной способностью $46,8\text{ МДж}/\text{м}^3$ [1].

В ходе расчетов было установлено, что часть энергии при сжигании синтез-газа будет расходоваться на нагрев CH_4 и CO_2 до $1000\text{ }^\circ\text{C}$ для того чтобы прошла реакция углекислотной конверсии. Затем продукты сгорания синтез-газа поступают в ГТУ, где происходит выработка электроэнергии. После ГТУ продукты сгорания с температурой $700\text{ }^\circ\text{C}$ поступают в шахтную печь для обжига сидерита.

В результате получаем: применение углекислотной конверсии метана позволит экономить 9 % природного газа; ГТУ в разработанной схеме позволит вырабатывать электроэнергию в количестве $532\text{ кВт}\cdot\text{ч}$ на 1 т перерабатываемой руды; общая мощность Бакальского рудоуправления по электрической энергии, при использовании разработанной схемы, составила бы 303 МВт .

Таким образом, применение газотурбинной генерации при обработке сидерита позволит не только обжигать руду, но также вырабатывать собственную электрическую энергию и экономить природный газ.

Литература

1. Мурзадеров А.В., Картавцев С.В. Разработка энергоэффективной схемы обжига сидеритовой руды // Энергетики и металлургии настоящему и будущему России: Материалы 16-й Всерос. конф. Магнитогорск: МГТУ, 2015.

*Д.А. Панова, М.П. Жукова, студенты;
рук. Е.Г. Нешпоренко, к.т.н., доц.
(МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

ПРИМЕНЕНИЕ ЗОЛЫ УГЛЕЙ ДЛЯ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА

В настоящее время проблема утилизации золошлаковых отходов промышленных предприятий актуальна и занимает одно из первых мест среди проблем теплотехнологий во многих странах мира. Сейчас лишь малая доля отходов предприятия идет на переработку, но возможности их использования намного шире: например, исследуются возможности применения металлургических шлаков и золы тепловых электрических станций в качестве исходных материалов при производстве шлакокаменного литья, тепловых изоляционных материалов, цементного клинкера [1].

Одним из способов переработки золы является получение цементного клинкера (спекшийся при обжиге материал), часть которого расплавилась и застыла в стекловидном состоянии. Химический состав цементного клинкера характеризуется следующим содержанием главных оксидов: CaO (63—76 %), SiO₂ (21—24 %), Al₂O₃ (4—8 %), Fe₂O (2—4 %), MgO (0,5—5 %) [2]. Зола служит заменой песка, применяемого в качестве заполнителя бетонов. Усредненный состав золы от сжигания углей разных бассейнов следующий: CaO — 10,2 %, SiO₂ — 49,4 %, Al₂O₃ — 24,2 %, Fe₂O₃ — 9,9 %, MgO — 2,2 % и другие примеси [3]. Чтобы получить цементный клинкер нужно увеличивать концентрацию компонентов золы до заданного значения. При этом масса сырьевой смеси может увеличиться в несколько раз.

Предварительные расчеты показали, что для получения 1 т цементного клинкера необходимо к 325 кг золы добавить 8 кг SiO₂, 590 кг CaO, 25 кг TiO₂, 40 кг Fe₂O₃, 7 кг K₂O, 5 кг Na₂O. Полученная смесь будет соответствовать составу цементного клинкера. Установлено, что при введении золошлаковых материалов в сырьевую смесь улучшается химический состав цементного клинкера, т.е. качество цемента.

Литература

1. **Напалков Н.Г., Ключников А.Д.** Повышение энергетической эффективности в системе производства цементного клинкера // Энергосбережение — теория и практика: Тр. 1-й Всероссийской Школы-семинара молодых ученых и специалистов М.: Издательство МЭИ, 2002.
2. **Баженов Ю.М.** Технология бетона. М.: АСВ, 2002.
3. **Кузнецов Н.В.** Тепловой расчет котельных агрегатов. М.: Энергия, 1973.

*М.А. Петракович, студ.; рук. С.В. Матвеев, асп.
(МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

ПРИМЕНЕНИЕ ГТУ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Свыше 30 % всей стали выплавляется в электросталеплавильном процессе в дуговых сталеплавильных печах (ДСП), и при ее разливке выделяется тепловая энергия порядка 1400 МДж/т при охлаждении от 1600 °С до температуры окружающей среды.

Кроме того, для выплавки стали в ДСП на чистом ломе в реальных установках потребляется до 750 кВт·ч электроэнергии на каждую тонну. При этом вся эта электроэнергия или большая ее часть поступает от внешних источников генерации (ТЭС, ГРЭС, АЭС и так далее) со значительными потерями в электросетях, что повышает ее стоимость.

Задачей данной работы является исследование возможности использования теплоотвода от стали для собственной генерации электроэнергии в электросталеплавильный процесс.

Известен способ разливки стали на жидкометаллический теплоноситель, в котором были предприняты попытки использования тепловой энергии разливаемой стали. При этом методика использования теплоты не была четко обозначена.

Температура нагрева жидкого теплоносителя (ЖМТ) в зависимости от теплотехнического принципа организации теплообмена может принимать значения как до 200 °С, так и от 1500 до 1593°С, при этом в интервале температур от 200 до 1500 °С работает энергооборудование для генерации электроэнергии (ПТУ, ГТУ, ПГУ).

Литературный обзор основных параметров газотурбинных установок показал наличие установок, которые работают по замкнутому циклу при температурах до 1500°С, что подтверждает возможность их использования для генерации электроэнергии на теплоотводе от стали. Таким образом, нагрев рабочего тела ГТУ — ЖМТ контактным способом может позволить генерировать электроэнергию, используя теплоту разливаемой стали.

Такое мероприятие с учетом КПД ГТУ 45 % может дать возможность получать до 180 кВт·ч электроэнергии с каждой тонны разливаемой стали. Электроэнергию можно направить по регенеративному направлению в электросталеплавильный процесс: на дугу в ДСП, что позволило бы значительно снизить себестоимость металлургической продукции.

К.Э. Петров, студ.; рук. С.К. Попов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СТАЛИ

Сталь является важнейшим продуктом черной металлургии. Черная металлургия служит основой развития машиностроения. Так как без стали не смогла бы работать практически ни одна отрасль промышленности, то уровень производства стали может служить одной из характеристик общего технико-экономического уровня развития государства. Основные агрегаты для получения стали — конверторы, мартеновские и электрические печи; полученная в них сталь называется соответственно конверторной, мартеновской и электросталью. Наиболее прогрессивным в наши дни считается кислородно-конверторный способ производства стали. В то же время развиваются такие перспективные способы получения сталей, как пря-

мое восстановление стали из руды, электролиз, электрошлаковый переплав (ЭШП).

Электрошлаковый переплав — это электрометаллургический процесс, при котором металл переплавляется в ванне электропроводного шлака, нагреваемого электрическим током. При таком способе переплава повышается качество металлов и сплавов. В результате электрошлакового переплава содержание серы снижается в 2—5 раз, кислорода и неметаллических включений — в 1,5—2,5 раза.

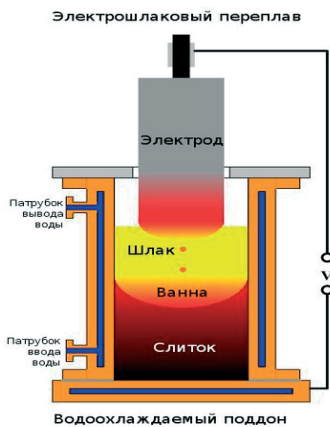
Выполнен анализ структуры энергетических и материальных потоков различных

способов производства стали, проведено сопоставление удельных энергоемкостей теплотехнологических установок и систем, производящих сталь. Представлен обзор энергосберегающих мероприятий в сталеплавильном производстве.

Результаты работы могут быть использованы при разработке энергосберегающих установок в теплотехнологических комплексах производства стали.

Литература

1. Иванов В.Н. Словарь-справочник по литейному производству. М.: Машиностроение, 1990.
2. Голубцов В.А. Теория и практика введения добавок в сталь вне печи. Челябинск, 2006.



О.И. Потапова, студ.; рук. С.К. Попов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КИРПИЧНОГО ЗАВОДА

Экономия энергетических ресурсов рассматривается в настоящее время развитыми странами как важнейшая национальная экологическая и экономическая проблема. Мероприятия, обеспечивающие энергосбережение, имеют более высокую рентабельность по сравнению с наращиванием поставок энергоресурсов.

Объектом исследования выбрана действующая теплотехнологическая система (ТТС) завода, производящего лицевой керамический кирпич.

На основе анализа собранных данных определена энергоемкость технологии производства продукта в системе — 137,1 кг/т (в пересчете на условное топливо). Исследование динамики изменения энергоемкости полупродукта по стадиям ТТС приводит к выводу, что основной энергопотребляющей стадией является процесс обжига в туннельной печи.

Потенциал интенсивного энергосбережения в ТТС составляет 108,9 кг/т, коэффициент полезного использования энергии первичного топлива в системе КПИ = 5,1 %. Следовательно, действующая ТТС обладает значительными резервами энергосбережения.

В работе были оценены результаты от проведения ряда энергосберегающих мероприятий. Для снижения теплоаккумулирующей способности вагонетки выбран материал с более низкой теплопроводностью и плотностью. В результате тепловой поток с вагонеткой на выходе из зоны обжига может снизиться на 30 %.

Повышение газоплотности печи в случае уменьшения коэффициента расхода окислителя, определяемого по составу отходящих газов, до уровня 3,0 сопровождается уменьшением удельного видимого расхода топлива на 6,5 кг/т.

Для утилизации низкопотенциальной энергии тепловых отходов туннельной печи предложено использовать органический цикл Ренкина (ОЦР) с альтернативными рабочими телами. Применив оборудование ОЦР для данной ТТС, можно выработать 249 кВт электрической энергии, что в значительной мере обеспечит собственные нужды предприятия.

Совместная реализация указанных мер позволяет снизить удельный видимый расход топлива на обжиг до 56 кг/т и обеспечивает возможность реализации потенциала интенсивного энергосбережения на 50 %.

Дальнейшее снижение энергоемкости технологии производства продукта можно обеспечить энергосберегающими мероприятиями для стадии сушки.

И.Н. Свистунов, асп.; рук. С.К. Попов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ КОНВЕРСИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПРИ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ РЕКУПЕРАЦИИ

Стекловаренные печи, отапливаемые природным газом, относятся к высокотемпературным установкам, в которых тепловой поток с отходящими газами составляет значительную долю в структуре теплового баланса. Термохимическая рекуперация (ТХР) теплоты отходящих газов является одним из перспективных направлений энергосбережения в высокотемпературных установках, отапливаемых природным газом, в том числе и для стекловаренных печей. В основе ТХР лежит эндотермический процесс конверсии природного газа. При этом первичное топливо — природный газ перерабатывается во вторичное топливо — синтез-газ, который используется (полностью или частично) для отопления печи.

Цель работы — разработка основ реализации процессов и функционирования аппаратов в составе высокотемпературных теплотехнологических установок, отапливаемых природным газом, с достижением энерго- и ресурсосберегающего эффекта на основе фундаментального исследования термохимической рекуперации и комплексной утилизации тепловых потоков.

На данном этапе исследований проводилось математическое моделирование кинетики процесса паровой конверсии [1] и конверсии на отходящих газах с целью определения зависимостей времени установления равновесного состава синтез-газа от температуры реагирующей смеси, удельного расхода окислителя на процесс конверсии и K — доли кислорода в окислителе для сжигания топлива.

Исследования показали, что для обоих видов конверсии с ростом температуры реагирующей смеси время выхода на равновесный состав уменьшается. Для паровой конверсии удельный расход пара не оказывает значительного влияния на время достижения равновесного состава, для конверсии на отходящих газах рост K замедляет данный процесс.

Результаты исследований могут быть использованы при конструктивном расчете рекуперативного реактора ТХР. Они дают возможность оценить, достигнет ли синтез-газ к моменту выхода из рекуперативного реактора состояния термодинамического равновесия, что позволит более точно выполнять расчеты тепловых схем промышленных печей с ТХР.

Литература

1. **Крылов А.Н., Попов С.К., Сергиевский Э.Д.** Моделирование процессов теплообмена при термохимической регенерации теплоты отходящих газов // Вестник МЭИ. 2008. № 4.

*М.Г. Сулейманов, асп.; А.С. Брезгина, студ.;
рук. В.В. Бухмиров, д.т.н., проф. (ИГЭУ, г. Иваново)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРЕВА НАСЫПНЫХ САДОК

Для исследования процесса нагрева насыпных садок была разработана математическая модель [1] теплообмена в рабочем пространстве садочной печи на основе упрощенного зонального метода расчета радиационного и сложного теплообмена [2].

Проверка адекватности математической модели и ее адаптация к реальным объектам осуществляется путем сравнения результатов моделирования с данными лабораторных и промышленных экспериментов.

Лабораторный эксперимент по оценке влияния пористости и фильтрации на нагрев садки планируется выполнить в лаборатории кафедры ТОТ ИГЭУ. Основным оборудованием является камерная лабораторная электропечь сопротивления СНОЛ-1,6,2,5.1/11-И2. Печь предназначена для проведения термической обработки материалов в стационарных и нестационарных условиях при температуре до 1100 °С.

Контроль и управление температурой в печи реализованы при помощи PID-контроллера. Измерение температуры рабочего пространства печи и в контрольных точках садки осуществляется хромель-алюмелевыми термомпарами.

Размеры садки — 200×100×50 мм. В качестве материала садки использованы стандартные метизные изделия, порозность которых варьируется типом и размером образующих садку деталей.

Разработан лабораторный стенд для получения новых данных о температурном поле в контрольных точках садки в зависимости от ее пористости. Данные эксперимента будут использованы для проверки адекватности и адаптации разработанной математической модели.

Литература

1. Бухмиров В.В., Сулейманов М.Г., Щербаков М.С. Математическое моделирование теплообмена в садочной печи // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: 21-я Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов, 26—27 февраля 2015 г. М.: Издательский дом МЭИ, 2015. Т. 3.

2. Бухмиров В.В., Крупенников С.А. Упрощенный зональный метод расчета радиационного теплообмена в поглощающей и излучающей среде // Изв. вуз. Черная металлургия. 1999. № 1. С. 68—70.

Э.К. Темырканова, докторант; рук-ли Э.А. Сериков, к.т.н., проф.
(АУЭС, Алматы); С.К. Попов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ СТОИМОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОБЪЕКТАМИ ТЭК

Экономическая оценка загрязнения окружающей среды объектами топливно-энергетического комплекса (ТЭК) должна учитывать потери как в допроизводственном цикле, так и в производственный и послепроизводственный периоды. В целом цена загрязнения может быть представлена как сумма потерь в различных сферах его проявления и условно разделена на две группы слагаемых.

Первая группа связана с затратами на борьбу с уже имеющимися (фактически сложившимися) последствиями загрязнения, то есть

$$У_{п} = Ц_{пр} + Ц_{сц} + Ц_{уип} + Ц_{лз} + Ц_{зл}, \quad (1)$$

где $Ц_{пр}$ — стоимость потерь ресурсов с промышленными отходами; $Ц_{сц}$ — снижение стоимости материальных ценностей; $Ц_{уип}$ — стоимость уменьшения интенсивности производства; $Ц_{лз}$ — стоимость ликвидации последствий загрязнения; $Ц_{зл}$ — стоимость здоровья людей.

Эта группа представляет собой прямой экономический ущерб. При этом рассчитываемые по существующим методикам отдельные составляющие ущерба имеют величину значительно более низкую, чем фактический ущерб. Величина прямого экономического ущерба зависит от уровня природоохранных мероприятий, реализуемых непосредственно на источнике загрязнения.

Существует так называемый неустранимый ущерб, определяемый уровнем развития систем защиты. В качестве исходного уровня экономического ущерба принимается ущерб, связанный с загрязнением среды источником, не имеющим никаких природоохранных систем.

Вторая группа (составляющая) цены загрязнения связана с затратами на предупреждение загрязнения ($Ц_{пз}$) непосредственно на источнике загрязнения и представляет собой косвенный экономический ущерб $У_{к}$. К косвенному ущербу можно отнести и затраты на организацию контроля и мониторинга состояния окружающей среды ($Ц_{кз}$).

Оценка удельных затрат на предупреждение загрязнения на объектах ТЭК, контроль и мониторинг окружающей среды может осуществляться по расчетным затратам.

Контроль загрязняющего воздействия объектов ТЭК на окружающую среду чрезвычайно важен для оценки прямого экономического ущерба $У_{п}$ и требует накопления статистического материала по величине как выбрасываемых самими объектами загрязняющих ингредиентов, так и данных о состоянии воздушной среды на региональных мониторинговых системах.

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОТЛА ПТВМ-30 ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Среди водогрейных котлов средней мощности одними из самых распространенных в России и на постсоветском пространстве являются водотрубные газомазутные котлы ПТВМ-30. В настоящее время практически в каждой котельной тепловой мощностью более 30 МВт имеется один или несколько таких котлов. Так как данный тип котельного агрегата выпускается серийно с 1960 г., часть применяемых технологий устарела. Расход топлива, потребляемого котлом, напрямую зависит от эффективности сжигания топлива, температуры уходящих газов, а также от возможности оборудования работать на заданной мощности с высоким КПД [1].

На основе проведенного анализа были определены основные недостатки котла: ступенчатое регулирование тепловой мощности, нерегулируемый дымосос, отсутствие автоматизированной системы управления подачей горючей смеси, неравномерность температурного поля в топке, несоответствие действующим требованиям безопасности, сильное загрязнение конвективной части при работе на мазуте.

Для повышения энергетической эффективности работы котельного агрегата ПТВМ-30 были предложены с соответствующими расчетами следующие мероприятия: установка современной иностранной горелки с высокой степенью крутки, подбор дутьевого вентилятора и дымососа необходимой мощности и установка на них частотного преобразователя, расчет необходимой высоты дымовой трубы, установка газоимпульсной системы очистки конвективных поверхностей нагрева, а также выбор схемы автоматизации [2].

Совместное применение данных мер позволяет снизить удельный расход топлива, выровнять температурное поле в топке, уменьшить температуру уходящих газов, существенно сократить содержание вредных выбросов, а именно NO_x с 300 до 130 мг/м³ и СО с 440 до 50 мг/м³, а также повысить надежность и регулируемость котла.

Литература

1. **Соколов Б.А.** Котельные установки и их эксплуатация. — 2-е изд. М.: Академия, 2007.
2. **Сидельский Л.Н.** Котельные установки промышленных предприятий. — 4-е изд. М.: БАСТЕТ, 2009.

И.Р. Тучибаев, студ.; Х.Н. Аловадинова, асп.; рук. С.В. Картавцев,
д.т.н., проф. (МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ ПРИ ЗАМЕНЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

Технологичность процесса непрерывной разливки стали зависит от работоспособности кристаллизатора, от его эксплуатационной стойкости, что обеспечивает в целом производительность машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Тепловая работа кристаллизатора МНЛЗ зависит от того, насколько эффективен он в роли теплообменника, что связано, в свою очередь, с системой охлаждения. Важным шагом, направленным на повышение производительности МНЛЗ, является совершенствование процессов охлаждения заготовки в зоне кристаллизатора. Основными выполняемыми задачами кристаллизатора являются формообразование заготовки и теплообмен. Известно, что от слитка в кристаллизаторе отводится 15—20 % теплоты. Эта теплота теряется при существующей системе охлаждения. Для решения этой проблемы необходимо проанализировать процесс теплоотдачи путем замены теплоносителя. Для оценки работы теплоносителя важным фактором является изменение тепловых потоков. Таким образом, поставлена задача определения тепловых потоков при замене теплоносителя.

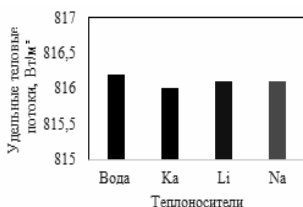


Рис. 1. Удельные тепловые потоки теплоносителей

Математическая модель теплообмена в кристаллизаторе выполнялась для воды и трех наиболее подходящих теплоносителей (Ca, Li, Na). Замена на теплоноситель с более высоким температурным диапазоном позволит всю теряющуюся теплоту направить на собственные нужды, так как удельные тепловые потоки существенно не изменились (рис. 1).

О.М. Усаковская, студ.; рук. С.К. Попов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

УТИЛИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ С СОРТИРОВОЧНОЙ ЛИНИЕЙ

Вопрос утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) в настоящее время чрезвычайно актуален. В связи с быстрым развитием научно-технического прогресса и изменением структуры потребления количество бытовых отходов на душу населения растет с каждым годом. При этом в странах Азии и Латинской Америки наблюдается общий прирост населения. Многие страны не могут позволить себе выделять обширные территории для захоронения отходов. Альтернативным решением при утилизации ТБО является возведение мусоросжигательных заводов (МСЗ). Проблема актуальна не только для европейских и азиатских стран с высокой плотностью населения, но и для некоторых регионов России. Ярким примером является Москва и Московская область. Многие полигоны для складирования в этом регионе почти заполнены.

Для условий указанного региона произведена оценка материальных и энергетических потоков в МСЗ с сортировочным комплексом. Сортировочный комплекс позволяет не только улучшить показатели сжигания и состав отходящих газов, но и получать доход от продажи вторичного сырья. Например, при переработке 149 700 т ТБО в год сортировочная линия может обеспечить доход до 172 млн руб. в год. При этом в результате сортировки из ТБО отделяется ряд полупродуктов: до 14 220 т/год пластмасы, 9240 т/год стекла, 8530 т/год цветных и черных металлов.

Определены конструктивные параметры котельной установки, используемой для сжигания не утилизируемой части ТБО. Выбран принцип сжигания отходов — слоевой на колосниковой решетке.

Общий выход шлака при сжигании отходов составляет 20 780 т/год. Рассмотрен вопрос об использовании шлака как компонента сырья для производства шлакопортландцемента (ШПЦ). Проведенные расчеты показывают, что можно получить ШПЦ марки 300 — 4160 т/год, ШПЦ 400 — 9350 т/год, ШПЦ 500 — 12 470 т/год. Доход от продажи этих продуктов может составить около 2,5 млн руб. в год.

Рассмотренный вариант утилизации ТБО предусматривает выработку электроэнергии, которая, согласно расчетам, может обеспечивать собственные нужды МСЗ, а также производство тепла для внешних потребителей, что повышает энергоэкономичность данного варианта.

Методика и результаты анализа могут быть использованы для других регионов с высокой плотностью населения.

*И.А. Хайруллин, студ.; рук. С.В. Картавцев, д.т.н., проф.
(МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ГОРЯЧЕГО ПРОКАТА

В настоящее время сталь является основным конструкционным материалом. Так, к 2014 г. производство сырой стали в Российской Федерации достигло порядка 70 млн т в год. Почти 90 % этого — стальной прокат [1].

По данным ОАО «ММК» на 2011 г. для производства одной тонны выпускаемой продукции необходимо 0,0577 м³ природного газа на нагрев заготовки и 78,9932 кВт·ч электроэнергии для ее деформации.

Стальной лист выходит со скоростью до 20 м/с после последней клетки с температурой, равной 1000 °С и охлаждается до температуры смотки листа в рулон, равной 500 °С. Вся эта теплота отводится в окружающую среду. Необходимо отвести теплоту и выбрать направление использования этой тепловой энергии.

Эту теплоту можно использовать на нагрев заготовок перед печью (экономия природного газа) либо на выработку собственной электроэнергии.

Для того чтобы выбрать наиболее эффективное направление использования отведенной теплоты, был использован эксергетический метод термодинамического анализа.

Для природного газа была определена эксергия теплоты:

$$e_{\text{пр}} = 1577 \text{ кДж/т [2].}$$

Для электроэнергии эксергия теплоты равна количеству электроэнергии потребляемой в теплотехнологии горячей прокатки, переведенной по эквиваленту в теплоту:

$$e_{\text{эл}} = 284\,364 \text{ кДж/т.}$$

Из расчетов видно, что теплоту горячего проката желателно направить на выработку электроэнергии.

Литература

1. <http://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2014/World-crude-steel-output-increases-by-3-5--in-2013.html>
2. **Бродянский В.М.** Эксергетический метод термодинамического анализа. М.: Энергия, 1973.

*Д.В. Хейло, студ.; рук. С.В. Картавцев, д.т.н.
(МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ КОНВЕРТЕРНОГО ГАЗА НА ОСНОВЕ ОБЖИГА ИЗВЕСТИ ДЛЯ КОНВЕРТЕРНОГО ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ

На металлургических производствах имеется в наличии высокопотенциальный температурный вторичный энергоресурс — конвертерный газ. Коэффициент полезного использования этого ресурса — 3,5 %, так как практически в полном объеме сбрасывается в атмосферу.

В результате проделанных исследований по эффективности использования конвертерного газа было предложено следующее направление. Производить обжиг извести в обжиговом реакторе с помощью отходящих конвертерных газов. Это позволит нам снизить расходы, связанные с природным газом.

Так как происходит замена природного газа на конвертерный, то снижается количество извести, обожженной за одну продувку. Оно равно 50 кг на тонну стали, выпускаемой в кислородно-конвертерном производстве. Сейчас расход природного газа составляет порядка 13 м³/т стали [1]. Из-за частичной замены его на сбросной конвертерный газ удастся снизить расход до 5,76 м³/т стали.

Дополнительным эффектом станет добавление горячей извести, выпущенной из реактора при температуре 1600 °С в кислородный конвертер, где протекают эндотермические реакции с чугуном. Это, в свою очередь, позволит нам изменить первоначальное соотношение чугуна и лома в конвертере в сторону уменьшения доли чугуна. Полученный эффект по снижению расхода чугуна для одного конвертера при энергоёмкости чугуна в 1062,8 кг у. т./т чугуна оказывается равен 36,65 кг у. т. Доля чугуна в общем балансе уменьшается с 25 до 21 %.

Для энергетического комплекса в целом с производительностью в 10 млн т стали в год, предложенные меры дадут эффект в 366 483 т у.т./год. Если учесть, что 1 т у. т. стоит 2868 руб./год, имеем результат по экономии затрат на чугун в 1048,1 млн руб.

Литература

1. Хейло Д.В., Картавцев С.В Энергосберегающий эффект нагретой извести в кислородно-конвертерном процессе // Энергетики и металлурги. Настоящему и будущему России: 16-я Всерос. конф. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2015. 142 с.

А.Ю. Юдаев, асп.; рук. Б.А. Соколов, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

СОКРАЩЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ПРОЦЕССАХ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

Снижение расхода энергии в равной степени важно для всех процессов нефтепереработки [1]. Повышение эффективности использования теплообменного оборудования в процессах гидрокрекинга, каталитического крекинга и риформинга, коксования, производства масел является важным энергосберегающим мероприятием.

Основными направлениями экономии теплоносителей в процессах нефтепереработки являются: проведение энергетического обследования (энергоаудита); разработка долгосрочной программы внедрения энергосберегающих технологий с учетом технических и финансовых возможностей предприятия; включение энергосберегающих мероприятий в разрабатываемый комплексный план технического развития завода с определением объемов финансирования и сроков проведения этих мероприятий; увеличение КПД печей; усовершенствование тепловых насосов; использование «общезнергетических» схем; использование низкопотенциальной сбросной теплоты для теплоснабжения; анализ фактических результатов и оценка экономической эффективности внедренных энергосберегающих мероприятий с целью корректировки общей программы энергосбережения.

Исследования показали, что на установках АВТ имеются большие резервы по использованию вторичных ресурсов и увеличению температуры подогрева нефти в теплообменниках. Важными мероприятиями, обеспечивающими максимальную утилизацию энергетических ресурсов, являются: использование физического тепла дымовых газов для подогрева воздуха, поступающего в топку печей; замена парового привода насосов электрическим; установка термодинамических конденсатоотводчиков; замена форсунок парового распиливания на низконапорные, воздушные или механические; усовершенствование тепловой изоляции горячих трубопроводов и нагретых поверхностей технологической аппаратуры; усовершенствование системы учета расхода жидкого топлива — внедрение автоматически действующих расходомеров.

Литература

1. **Товажнянский Л.Л., Ульев Л.М., Мельниковская Л.А., Зулин Б.Д.** Экстракция данных для теплоэнергетического интегрирования процесса первичной переработки нефти на установке АВТ А12/2 // Интегрированные технологии и энергосбережение. 2010. № 1. С. 53—64.

Секция 33

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПРОМТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Председатель секции — к.т.н., профессор А.Л. Ефимов
Секретарь секции — аспирант И.В. Парехина

А.А. Болотов, студ.; рук. А.Б. Гаряев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ГРУНТА ОТ ЕМКОСТИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ БИОГАЗА

На большинстве эксплуатируемых биогазовых станций реактор, в котором происходит анаэробное сбраживание субстрата, закопан в землю для уменьшения тепловых потерь через ограждающие конструкции. При проектировании реактора встает задача расчета количества тепла, требуемого для поддержания средней температуры субстрата (при оптимальной температуре $t_c = 38^\circ\text{C}$ происходит сбраживание и выделение CH_4) в заданных пределах [1].

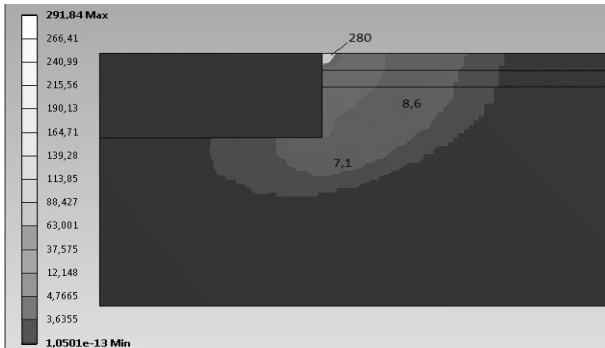


Рис. 1. Распределение плотности тепловых потоков

Моделирование реактора производилось в программном комплексе Ansys. При моделировании были приняты следующие допущения: процесс теплообмена стационарный; расчетная модель — двумерная, так как длина реактора в несколько раз больше ширины; грунт однородный с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; температура грунта 5°C на глу-

бине 10 м; температура наружного воздуха принята для холодного периода $t_{н.в} = -28$ °С.

Результаты расчета плотности тепловых потоков представлены на рис. 1. По распределению потоков можно определить, что основные тепловые потери сконцентрированы в углу реактора (максимум 291 Вт/(м²·К)). Тепловые потоки через стены и дно реактора незначительны (в пределах 6—9 Вт/м²).

По результатам расчета можно сделать вывод: чтобы субстрат не замерзал в углу, поверхность земли возле реактора необходимо теплоизолировать на расстоянии не менее 3 м.

Литература

1. **Веденев А.Г., Веденева Т.А.** Руководство по биогазовым технологиям. Бишкек: ДЭМИ, 2011. 84 с.

А.В. Бредников, В.Ю. Матраев, А.И. Филонов, студенты;
рук. М.Г. Бобылёв, ст. преп. (Филиал НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)

ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ КОММЕРЧЕСКОМ УЧЕТЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Коммерческий учет тепловой энергии требует применения прецизионных систем учета тепловой энергии. Проведем оценку погрешности измерения количества теплоты в закрытой системе теплоснабжения, используя алгоритм, представленный в [1—3]. Количество теплоты будем рассчитывать по формуле

$$Q = M_1 \cdot t_1 - M_2 \cdot t_2, \quad (1)$$

где M_1 , M_2 , t_1 , t_2 — массы и температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах соответственно.

Рассмотрим практический случай малой разности температур: $t_1 = 70$ °С, $t_2 = 67$ °С. Погрешности термометров: $\Delta t = 0,65$ °С, $\delta(\Delta t) = 3,5$ %; погрешность расходомеров $\delta M = 2$ %.

Результаты расчета обобщены на рис. 1.

Вывод: малая разность температур и применение алгоритма вычисления количества теплоты, содержащего разность расходов, приводят к значительной погрешности измерения количества теплоты (до 78%). Для открытых систем теплоснабжения проблема не менее актуальна. Важной задачей является разработка и использование прецизионных узлов коммерческого учета тепловой энергии, состоящих из высокоточных сертифицированных средств измерения.

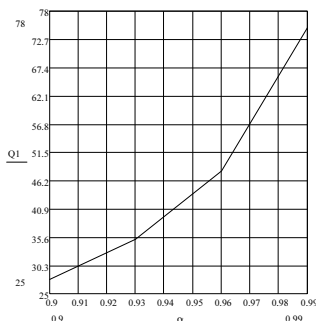


Рис. 1. Зависимость погрешности измерения от степени открытости системы

Литература

1. **МИ 2553-99.** Рекомендации ГСОЕИ. Энергия тепловая и теплоноситель в системах теплоснабжения. Методика оценивания погрешности измерений. Основные положения. М., 1999.
2. **Глухов А.П., Канев С.Н.** Некоторые аспекты применения новых правил учета тепловой энергии и теплоносителя для открытых систем теплоснабжения // Материалы IV семинара «Коммерческий учет энергоносителей». СПб.: МЦЭНТ, 1996.
3. **Черноморченко С.И.** К оценке систематической погрешности // Материалы IV семинара «Коммерческий учет энергоносителей». СПб.: МЦЭНТ, 1996.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕБРА, ОБРАЗОВАННОГО СФЕРИЧЕСКИМИ СЕГМЕНТАМИ

В настоящее время существует много способов интенсификации теплообмена в аппаратах. Одним из таких способов является нанесение лунок на поверхность теплообмена, которую можно представить в виде стенки с нанесенными ребрами особой формы.

Задача данной работы — определить стационарное одномерное температурное поле в ребре, образованном сферическими сегментами (рис. 1), и эффективность такого ребра.

Математическая модель стационарного температурного поля ребра имеет вид

$$t'' + \frac{A'_x}{A_x} t' - \frac{\alpha F'_x}{\lambda A_x} (t - t_\infty) = 0, \quad (1)$$

где A_x, A_{x+dx} — площади поперечного сечения ребра на высоте x и $x+dx$; dF — площадь слоя в виде сферического треугольника на грани ребра на высоте x .

Условия теплообмена на гранях ребра следующие: граничные условия первого рода — у основания ребра, адиабатные — на плоских боковых гранях ребра, граничные условия третьего рода — на гранях ребра, образованных поверхностью сферических треугольников.

При некоторых заданных условиях, таких как температура основания ребра, температура омывающей среды, коэффициент теплоотдачи от ребра к омывающей среде, коэффициент теплопроводности ребра и его геометрия, был получен график распределения температуры по высоте ребра (рис. 2). Эффективность данного ребра рассчитана по общей формуле и равна $\eta = 0,985$.

Таким образом, в данной работе предложен подход, позволяющий определить тепловую эффективность облуненной поверхности через эффективность ребра.

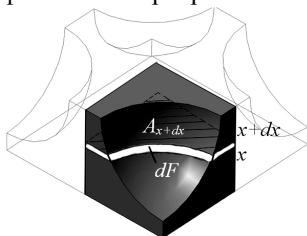


Рис. 1. Геометрия ребра

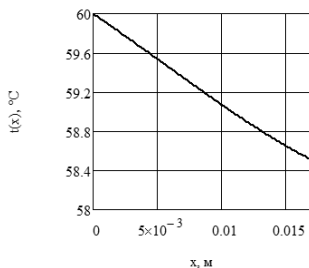


Рис. 2. Распределение температуры по высоте ребра

ВЫБОР И РЕАЛИЗАЦИЯ ПЛАНА ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ДВУХКАМЕРНОГО ПРОТИВОТОЧНОГО ВИХРЕВОГО ЭЖЕКТОРА

На эффективность рабочего процесса противоточного вихревого эжектора (ПВЭ) оказывает влияние значительное число факторов, к которым относятся как газодинамические параметры входящих и выходящих потоков, так и геометрические соотношения между его основными элементами. Поэтому в целях существенного сокращения объема экспериментов актуальным является применение методов планирования эксперимента.

При проведении планирования эксперимента были определены уровень варьирования основных факторов и кодирование натуральных значений величин.

Целью проведения полного факторного эксперимента является аппроксимация функции отклика наиболее простой математической моделью. Применение факторных планов типа 2^k позволяет построить матрицу планирования, обладающую важными свойствами, позволяющими значительно упростить обработку данных.

При исследовании однокамерных вихревых эжекторов было установлено, что на характеристики ПВЭ влияют не только абсолютные значения основных геометрических размеров проточной части, но и соотношение между ними. Вследствие этого линейная модель не рассматривалась, а функция отклика аппроксимировалась неполной квадратичной моделью.

В результате анализа факторов была разработана матрица планирования полного факторного эксперимента 2^4 .

С целью сокращения экспериментов опыты проводились без дублирования, а для оценки дисперсии воспроизводимости были проведены три эксперимента в центре плана с фиксированными значениями факторов на нулевых уровнях.

Для исключения влияния систематических погрешностей была проведена рандомизация опытов матрицы планирования с использованием таблицы случайных чисел.

Коэффициенты математической модели рассчитывались с использованием метода наименьших квадратов. Полученные с его помощью оценки коэффициентов обладают оптимальными в статистическом смысле свойствами: самостоятельностью, несмещенностью, эффективностью и достаточностью.

С.С. Закожурников, асп.; рук. А.Б. Гаряев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПЛАВКИ КАРБИДА КРЕМНИЯ

В настоящее время важным приоритетом развития отечественной промышленности является энергосбережение на предприятиях. Производство карбида кремния является энергоемким процессом, требующим значительных затрат электроэнергии [1, 2]. Практический расход электроэнергии на единицу продукции составляет 7,2—8,7 кВт·ч/кг. Расход электроэнергии за одну плавку составляет от 25 до 65 тыс. кВт·ч. Стоит отметить, что спрос на карбид кремния постоянно растет. Наряду со стандартным использованием в абразивной, огнеупорной и металлургической промышленности карборунду находят все большее применение в медицине, электротехнике, космической отрасли и в ядерной энергетике.

Для достижения большей энергетической эффективности процесса плавки карбида кремния необходима разработка новых энергосберегающих технологий, эффективных способов плавки, а также подбор наиболее рациональных условий протекания процесса карбидообразования.

В работе представлено несколько способов усовершенствования процесса плавки карбида кремния, а именно: подбор шихты с наилучшими теплофизическими свойствами, установка оптимального режима плавки и изменение геометрических параметров и расположения зерна. Предложена многокernовая модель процесса карбидообразования, благодаря которой уменьшается общее время плавки, а следовательно, экономится значительное количество электроэнергии и уменьшается объем вредных выбросов в атмосферу.

Результаты проведенных исследований были получены при помощи методов математического моделирования. На их основе разработаны рекомендации по повышению эффективности работы печей сопротивления для производства карбида кремния. Данные рекомендации могут быть применены к печам других типов. Применение данных рекомендаций на практике позволит снизить удельный расход электроэнергии, повысить производительность печей, уменьшить объем вредных выбросов в атмосферу, а также удешевить производство карбида кремния.

Литература

1. **Производство абразивных материалов** / А.С. Полубелова, В.Н. Крылов, В.В. Карлин, И.С. Ефимова. Л.: Машиностроение, 1968. 180 с.

А.А. Исаев, асп. (НИУ «МЭИ»); И.Ф. Самсон, доц. (Технологический институт, г. Санто-Доминго); рук. А.Б. Гаряев, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОБОБЩЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ АДСОРБЦИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Рассматриваются солнечные холодильные установки адсорбционного типа (СХАТ), использующие пару «активированный уголь — метанол». СХАТ являются автономными и позволяют получать холод в регионах, где отсутствует электроснабжение. Характеристики установок данного типа сильно зависят от условий окружающей среды, в первую очередь от солнечной радиации и температуры окружающего воздуха. Солнечная радиация влияет на температуру адсорбера, в котором происходит процесс десорбции метанола, температура окружающей среды, в свою очередь, влияет на температуру конденсации метанола в конденсаторе, а соответственно и на количество сконденсированного метанола.

Была разработана математическая модель данной установки, которая реализована в программном комплексе MatLab Simulink. Данные по суточной солнечной радиации и температуре, полученные из эксперимента, были аппроксимированы следующими зависимостями:

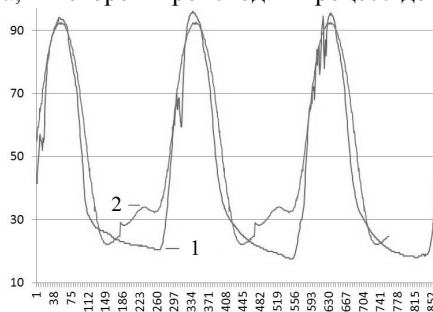


Рис. 1. Зависимость $T_{адс}$ от t :
1 — эксперимент, 2 — обобщение

$$T_{ос} = 26.511 + 0.541 \cos(t) + 5.52 \sin(t) - 0,508 \cos(2t) + 2.064 \sin(2t); \quad (1)$$

$$q_{пад} = 280.021 - 418.956 \cos(t) - 97.873 \sin(t) + 176.585 \cos(2t) + 85.05 \sin(2t) - 13.76 \cos(3t) - 6.384 \sin(3t) - 17.305 \cos(4t) - 6.912 \sin(4t). \quad (2)$$

Они позволяют значительно повысить точность моделирования, так как используется не среднее значение температуры или радиации за сутки, а значение, наиболее приближенное к реальному в данный момент времени. Благодаря этому мы можем оценивать состояние системы в любой момент времени и отслеживать каждый этап протекания процессов в установке.

На рис. 1 приведено сравнение зависимостей температуры коллектора от времени, полученных экспериментально и путем обобщения с использованием уравнений (1) и (2). Прослеживается значительное сходство данных зависимостей.

*П.С. Клейменова, В.А. Круглова, студенты;
рук. Н.М. Савченкова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА САМОЛЕТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Системы кондиционирования воздуха (СКВ) поддерживают в герметических кабинах газовый состав, давление, влажность и температуру в пределах, обеспечивающих необходимые условия для жизнедеятельности экипажа. Но в то же время СКВ является одной из наиболее энергоемких самолетных систем. В традиционных системах воздух, расходуемый на различные нужды, нагревается в двигателе почти до 500 °С. Такой воздух практически лишен влаги. Это является еще одной проблемой традиционных СКВ [1].

Рассмотрим перспективную систему кондиционирования воздуха на примере самолета нового поколения — самолета В-787 «Dreamliner» фирмы Boeing. Главной отличительной особенностью самолета В-787 являются электрические системы, которые заменяют большинство пневматических систем, устанавливаемых традиционно на современных самолетах. Одним из преимуществ электрической системы является большая эксплуатационная эффективность, получаемая за счет уменьшения расхода топлива [2].

Система наддува салона организована по-новому. В отличие от других пассажирских самолетов, где воздух для подачи в салон отбирается от двигателей, в Dreamliner воздух подается в салон электрическими компрессорами непосредственно из внешней среды. При этом снимается проблема недостаточной влажности воздуха [3].

В рамках настоящей работы проведено исследование СКВ самолетов, выполнен анализ перспективных систем кондиционирования воздуха самолетов нового поколения на примере существующего зарубежного самолета Boeing 787 Dreamliner.

Литература

1. **Воронин Г.И.** Системы кондиционирования воздуха на летательных аппаратах. М.: Машиностроение, 1973. 444 с.
2. <http://www.tlookup.ru/wocs-347-1.html>
3. <http://www.boeing.com/commercial/787/>

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛООБМЕНА В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ (МКС)

В настоящее время на летательных аппаратах без системы кондиционирования воздуха невозможно обеспечить ни жизнедеятельность человека, ни нормальное функционирование бортовой аппаратуры. Чем выше поднимается летательный аппарат над поверхностью Земли, тем больше отличаются окружающие его условия от наземных. В первую очередь эти изменения связаны с уменьшением атмосферного давления и температуры с высотой. Полет в космосе проходит практически в полном вакууме, невесомости, при очень больших перепадах температур и под воздействием ионизирующих излучений. [1]

Системы кондиционирования летательных аппаратов являются универсальными. В них решается задача обработки воздуха по гораздо большему числу параметров, при значительно более сложных условиях работы системы, чем в промышленных, жилищных системах кондиционирования, являющихся частным случаем систем кондиционирования, предназначенных для летательных аппаратов, которые в теоретическом, конструктивном и производственном отношении находятся на более высоком уровне развития, чем наземные [1].

Рассмотрим, например, работу Международной космической станции (МКС). Без системы терморегулирования температура на стороне станции, обращенной к Солнцу, достигает 250 градусов по Фаренгейту (121 °C), в то время как термометры на темной стороне покажут –250 градусов по Фаренгейту (–157 °C) [2]. Помимо этого, большинство систем, работающих на станции, производят избыточное тепло, которое необходимо как-то использовать или сбрасывать в космос для поддержания оптимальных температур для работы приборов и человека на станции.

В работе отражены особенности работы и проблемные области систем жизнеобеспечения (под которыми подразумеваются системы вентиляции, обогрева, охлаждения, терморегулирования) с учетом самой последней информации о системах, используемых на МКС, на сегодняшний день.

Литература

1. **Воронин Г.И.** Системы кондиционирования воздуха на летательных аппаратах. М.: Машиностроение, 1973.
2. **Patel V., Winton D., Ibarra T.,** A Selected Operational History of the Internal Thermal Control System (ITCS) for International Space Station (ISS) // SAE Technical Paper Number 2004-01-2470.

*А.Н. Новикова, С.А. Ручкина, студенты;
рук. В.А. Галковский, к.т.н., доц. (Филиал НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

АНАЛИЗ РАБОТЫ ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ НА ОБЪЕКТАХ ТЕПЛОЭНЕРGETИКИ

На сегодняшний день наиболее часто в индивидуальных и центральных тепловых пунктах применяются пластинчатые теплообменные аппараты.

Важной задачей является снижение металлоемкости изделий. Применительно к теплообменному оборудованию эта задача состоит в уменьшении габаритов за счет уменьшения площади поверхности теплообмена.

Для анализа зависимости площади поверхности теплообмена от вида пластины расчет всех теплообменных аппаратов был проведен для семи основных видов пластин: пластины гладкие (эталон); гофры по обе стороны от базовой плоскости пластины высотой 3,6+1 мм; гофры «вертикаль + наклон»; гофры «вертикаль, зигзаг»; гофры разреженные «елка с площадкой 24 мм»; гофры «елка с площадкой 6 мм»; гофры «елка по обе стороны от базовой плоскости пластины с высотой 3,6+3,6 мм и площадкой 6 мм» [1].

В данной работе были рассмотрены две схемы подключения системы горячего водоснабжения на центральном тепловом пункте: двухступенчатая последовательная и смешанная [2]. Расчет водо-водяных теплообменных аппаратов системы теплоснабжения и двухступенчатой последовательной схемы системы горячего водоснабжения был проведен для различных температур подогрева холодной водопроводной воды в первой ступени системы горячего водоснабжения.

Результаты расчета показали, что теплообменные аппараты с гладкими пластинами и пластинами с гофрами «вертикаль, зигзаг» имеют самые большие поверхности теплообмена, в отличие от всех остальных типов, что приводит к увеличению габаритов самих теплообменных аппаратов. Самыми выгодными (с малой площадью поверхности теплообмена) для данных двух схем подключения системы горячего водоснабжения являются пластины с гофрами «елка с площадкой 6 мм» и «елка по обе стороны от базовой плоскости пластины с высотой 3,6+3,6 мм и площадкой 6 мм». При этом наиболее выгодной температурой подогрева холодной воды в первой ступени системы горячего водоснабжения является температура 35 °С. В этом случае получаем уменьшение поверхности теплообмена до 80 % по сравнению с гладкими пластинами.

Литература

1. Коваленко Л.М., Глушков А.Ф. Теплообменники с интенсификацией теплоотдачи. М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов.

О.Е. Прун, асс.; рук. А.Б. Гаряев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НА ТЕПЛОВУЮ МОЩНОСТЬ МИКРОКАНАЛЬНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Микроканальные теплообменники постепенно приобретают все большее распространение в таких областях техники, как микроэлектроника, системы вентиляции и кондиционирования, криогенные установки.

Как было показано в работе [1], наилучшие теплогидравлические показатели соответствуют конструкции с большим числом коротких каналов малого диаметра («тепловой фильтр»). Однако при больших температурных напорах теплота, передаваемая теплопроводностью в продольном направлении по стенкам каналов, может быть соизмерима с тепловой мощностью теплообменника, что снижает эффективность аппарата [2]. Автором [2] было показано, что при $\lambda^* < 0.005$ продольная теплопроводность не оказывает существенного влияния на теплообмен. Параметр λ^* может быть рассчитан по формуле

$$\lambda^* = \frac{\lambda_{\text{э}} f_{\text{с}}}{(H W_{\text{min}})}, \quad (1)$$

где $\lambda_{\text{э}}$ — эквивалентный коэффициент продольной теплопроводности; $f_{\text{с}}$ — площадь поперечного сечения стенки, участвующей в теплообмене между двумя теплоносителями; H — длина хода теплоносителя; W_{min} — минимальный водяной эквивалент.

Для оценки влияния этого эффекта на работу и оптимизацию конкретных микроканальных теплообменников были проведены расчеты для теплообменника воздух-воздух из [1] мощностью 1000 Вт, с длиной каналов от 64 мкм до 950 мм; материал каналов — медь, расход — 0.1 кг/с. Было установлено, что снижение эффективности теплообменника за счет продольной теплопроводности много меньше 1 %.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ, государственное задание № 3.1519.2014/к.

Литература

1. Прун О.Е., Горелов М.В., Гаряев А.Б. Оценка эффективности микроканального теплообменника. Радиотехника, электротехника и энергетика: XX Междунар. науч.-техн. конф. студ. и асп.: Тез. докл. Т.3. М.: Издательский дом МЭИ, 2014. 296 с.
2. Шевич Ю.А. Разработка и исследование высокоэффективных теплообменных аппаратов матричного и планарного типов для компактных низкотемпературных систем и установок: автореф. дис. ...д-ра техн. наук М., 2008.

М.С. Пурдин, асп.; рук. Е.П. Валуева, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ЛАМИНАРНОГО ТЕЧЕНИЯ В ПРЯМОУГОЛЬНОМ КАНАЛЕ

Ламинарное течение наблюдается в прямоугольных каналах систем биологических микрочипов [1], а также в каналах высокоэффективных планарных теплообменных аппаратов [2]. Насосы, осуществляющие подачу теплоносителя, нередко создают пульсации расхода, которые могут оказать существенное влияние на теплоотдачу. Решение уравнения энергии при больших амплитудах колебаний можно провести только численно, для чего необходимо иметь решение уравнения движения:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right).$$

Разработана программа численного моделирования пульсирующего ламинарного течения в прямоугольном канале, которая может быть использована для исследования течений с негармоническими колебаниями. Применялась безусловно устойчивая неявная шеститочечная разностная схема первого порядка точности по t и второго — по y, z . По координатам y, z, t использовалась равномерная сетка $80 \times 80 \times 1800$. Контролировались погрешность определения баланса импульса (менее 2 %), равенство средних по периоду колебаний коэффициентов гидравлического сопротивления и сопротивления трения (погрешность менее 0,3 %), равенство расчетного и аналитического значений числа Пуазейля (погрешность менее 1 %).

В зависимости от безразмерной частоты колебаний расхода выделены квазистационарный и высокочастотный режимы. Получены аппроксимирующие зависимости для амплитуды и фазы гармонических колебаний давления и напряжения на стенке, которые могут быть использованы на практике. Найдены границы области возвратных течений, которые, как и в случае пульсирующего течения в круглой трубе [3], появляются вблизи стенок при высоких частотах и амплитудах.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ, государственное задание № 3.1519.2014/к.

Литература

1. Marx U. 'Human-on-a-chip' developments: a translational cutting-edge alternative to systemic safety assessment and efficiency evaluation of substances in laboratory animals and man? // ATLA. 2012. Vol. 40.
2. Лобасов А.С., Минаков А.В., Дектерев А.А. Моделирование гидродинамики и конвективного теплообмена в микроканалах // Вычислительная механика сплошных сред. 2012. Т. 5. № 4.
3. Ünsal B., Ray S., Durst F., Ertuğç Ö. Pulsating laminar pipe flows with sinusoidal mass flux variations // Fluid Dynamics Research. 2005. Vol. 37.

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРВОЙ КАМЕРЫ СМЕШЕНИЯ ДВУХКАМЕРНОГО ПРОТИВОТОЧНОГО ВИХРЕВОГО ЭЖЕКТОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕГО РАБОТЫ

Одним из типов вихревых вакуумирующих устройств, применяемых в различных технологических установках, является противоточный вихревой эжектор (ПВЭ). В конструкции ПВЭ использована способность вихревых потоков создавать в приосевой области пониженное давление.

Вихревые вакуумирующие устройства и насосы позволили заметно повысить эффективность вакуумирующих установок и воздушных холодильных аппаратов в производственных процессах.

При исследовании внутренней структуры закрученного вихревого потока однокамерного ПВЭ было установлено, что у широкого торца камеры смешения на границе слияния свободного и вынужденного вихрей скорость газового потока достигает скорости звука, причем максимум окружной скорости смещается в приосевую область камеры смешения. Таким образом, со стороны широкого торца камеры смешения формируется приосевой газовый поток, обладающей значительной кинетической энергией. Создав условия для дальнейшего расширения приосевого потока, можно использовать часть его энергии и тем самым повысить эффективность рабочего процесса ПВЭ. Подобные условия могут быть обеспечены при установке со стороны широкого торца камеры смешения и соосно с ней дополнительных камер смешения. В результате эксперимента выявлено, что оптимальным решением, позволяющим снизить рабочее давление активного газа на входе в эжектор при сохранении минимального значения пассивного газа, является применение двухкамерной конструкции камеры смешения.

В процессе исследования однокамерного ПВЭ было установлено, что линейный размер любого из основных конструктивных элементов однозначно влияет на его работу и не зависит от изменения геометрии других элементов. На этом основании можно предположить, что двухкамерный ПВЭ будет иметь наилучшие характеристики при сохранении оптимальной геометрии первой камеры смешения, полученной для однокамерного ПВЭ. Результаты проведенных в дальнейшем натурных испытаний двухкамерного противоточного вихревого эжектора подтвердили справедливость данного предположения.

Э.К. Фелькер, соиск. (Бранденбургский технический университет,
г. Котбус/Зенфтенберг, Германия);
рук. В.С. Глазов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ ПОЛУПРОЗРАЧНОЙ ПЛАСТИНЫ ПРИ ЛУЧИСТОМ НАГРЕВЕ

При моделировании тепловых процессов большое внимание уделяется теплофизическим характеристикам материалов. Знание указанных свойств позволяет рационально подойти к интенсификации и оптимизации таких процессов, а также усовершенствовать существующие методы и средства контроля за терморadiационным состоянием тел и их поверхностей.

В [1] представлен метод, позволяющий определить коэффициент поглощения полупрозрачного материала по его температурному полю. Поскольку предложенный авторами подход основан на предположении о бесконечной скорости распространения теплоты теплопроводностью, имеет смысл узнать, какое влияние окажет на него снятие этого допущения.

Математическая модель температурного поля пористой полупрозрачной пластины в условиях высокоинтенсивного нагрева излучением с учетом конечной скорости распространения теплоты посредством теплопроводности имеет следующий вид:

$$\dot{T} + \tau_r \ddot{T} = aT + q(k/c) \exp(-kx); \quad (1)$$

$$T(x, 0) = f(x); \quad (2)$$

$$\dot{T}(x, 0) = \varphi(x). \quad (3)$$

Если $f(x)$ и $\varphi(x)$ — полиномы степени $n \leq 1$ и выполняется условие (4), то температурное поле описывается уравнением (5):

$$\left| a\tau_r k^2 \left[\tau / \tau_r - 1 + \exp(-\tau / \tau_r) \right] \right| \ll 1; \quad (4)$$

$$t(x, \tau) = t_0 + q(k/c)\tau e^{-kx} \left(1 - \tau_r (1 - e^{-\tau/\tau_r}) / \tau \right). \quad (5)$$

Учитывая равенство температур $t(x_1, \tau_1) = t(x_2, \tau_2)$ и $t(x_1, \tau_2) = t(x_2, \tau_1)$ и решение (5) получим формулу для определения коэффициента поглощения:

$$k = \frac{1}{x_2 - x_1} \ln \frac{t(x_1, \tau_2) - t_0}{t(x_1, \tau_1) - t_0}. \quad (6)$$

Литература

1. Фелькер Э.К., Глазов В.С. Определение теплофизических свойств полупрозрачных тел // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: 19-я Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. В 3-х т. Т.3. М.: Издательский дом МЭИ, 2013. Т. 3. С. 152.

А.И. Филонов, В.Ю. Матраев, А.В. Бредников, студенты;
рук. М.Г. Бобылёв, ст. преп. (Филиал НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)

ПРОБЛЕМЫ ВЕНТИЛИРОВАНИЯ СВАРОЧНЫХ ЦЕХОВ

Количество производственных выбросов предприятий машиностроения и металлообработки составляет от 7 до 20 % выбросов основных загрязнителей, но они играют важную роль в загрязнении воздуха населенных мест, вследствие своей близости к жилым районам.

Одно из первых мест по токсичности выбросов занимает сварка. Многие из вредных веществ, поступающих в атмосферу со сварочным аэрозолем, относятся к 1-му и 2-му классам опасности. Они загрязняют воду и почву, а также приводят к загрязнению воздуха с концентрациями выше предельно допустимых для населения [1].

Местная вытяжная вентиляция улавливает порядка 70 % вредных веществ, поступающих в воздух с рабочих мест. Поэтому для сварочного производства необходима дополнительная общая вентиляция [2].

Аппараты для очистки подбираются в зависимости от физических и механических особенностей вредных веществ. На рис. 1 представлена принципиальная схема очистительного агрегата для улавливания сварочных аэрозолей. Данный аппарат обеспечивает среднюю эффективность очистки фракции сварочного дыма размером более 0,3 мкм до 98 %. Такая степень очистки воздуха позволяет очищенный воздух возвращать в цех [3].

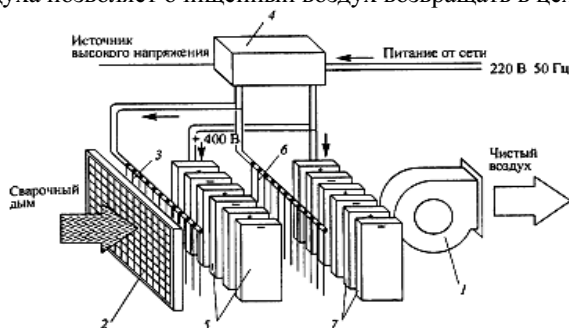


Рис. 1. Принципиальная схема местного очистителя вытяжного воздуха от мест сварки: 1 — вентилятор; 2 — фильтр; 3, 6 — коронирующие электроды; 4 — источник питания; 5, 7 — осадительные камеры первой и второй ступеней очистки

Литература

1. Куценко С.А. Основы токсикологии. СПб.: Фолиант, 2004. 720 с.
2. Брауде М.З., Воронцова Е.Н. Охрана труда при сварке в машиностроении. М.: Машиностроение, 1978. 144 с.
3. Кокорин О.Я. Современные системы кондиционирования воздуха. М.: Издательство физико-математической литературы, 2003. 272 с.

А.В. Ханин, асп.; П.С. Клейменова, студ.;
рук. А.Б. Гаряев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ НА НАЧАЛЬНОМ УЧАСТКЕ ЛАМИНАРНОГО ТЕЧЕНИЯ В МИКРОКАНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ

Получающие все большее распространение микро- и нанотехнологии диктуют необходимость миниатюризации жидкостных теплообменных устройств. Для их разработки необходимо рассчитывать значения скоростей и перепадов давлений в разветвленных микроканальных структурах. Основной проблемой таких расчетов является учет местных гидравлических сопротивлений. С нашей точки зрения, эти потери могут быть объяснены перестройкой потока на начальном участке течения, таким образом, потери на местных сопротивлениях могут быть определены через потери давления на начальном участке. Для течения на начальном участке в трубе был проведен ряд исследований, показывающих, что падение давления однозначно определяется соотношением между безразмерной координатой, кинематической вязкостью и средней скоростью потока. С помощью опытов Никурадзе [1] нами была получена зависимость (рис. 1), позволяющая определить, во сколько раз гидравлическое сопротивление на начальном участке превосходит сопротивление на таком же участке, но со стабилизированным течением.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ, государственное задание № 3.1519.2014/к.

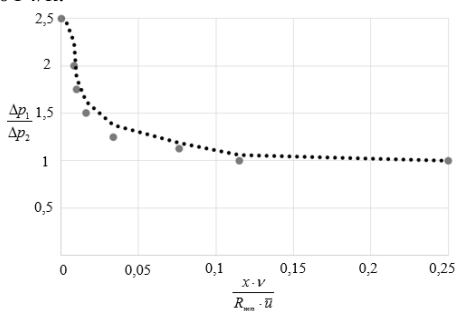


Рис. 1. Зависимость отношения гидравлических сопротивлений от длины рассматриваемого участка

Литература

1. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1974.

Секция 34

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

*Председатель секции — зав. каф. ТМПУ, д.т.н.,
профессор А.Б. Гаряев
Секретарь секции — аспирант И.В. Парехина*

*Л.В. Аверьянова, М.А. Хачалов, студенты; рук. М.Ю. Юркина, к.т.н.
(НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Энергосбережение является фактором экономического развития, на практике показавшим, что во многих случаях дешевле осуществить меры по экономии энергии, чем увеличить ее производство [1]. В качестве объекта исследования рассмотрено здание для производства сгущенного молока (длина 200 м, ширина 100 м, один этаж, численность работающих 15 человек, технологическая нагрузка — выпарная установка) и административное здание (длина 100 м, ширина 100 м, три этажа, численность работающих 2500). Предложен ряд энергосберегающих мероприятий. В табл. 1 представлены результаты расчета экономии тепловой энергии при проведении предлагаемых мероприятий по энергосбережению, а также экономии финансовых средств по оплате потребляемой тепловой энергии.

Таблица 1
Результаты расчета экономии при внедрении энергосберегающих мероприятий

Энергосберегающее мероприятие	Гкал	Тыс. руб.
Замена деревянных рам на однокамерные из ПВХ	4541	7814,9
Замена деревянных рам на двухкамерные из ПВХ	3206	5517,2
Применение панельно-лучистых отопительных приборов	1060	2112,4
Рециркуляция части вытяжного воздуха	11532	19 845,7
Применение теплообменника-утилизатора теплоты вытяжного воздуха	2289	3940,0
Использование теплоты оборотного водоснабжения	1236	2127,8

Литература

1. **Энергосбережение** в системах жизнеобеспечения предприятий и объектов ЖКХ: учебное пособие / под общ. ред. А.Л. Ефимова. М.: Издательский дом МЭИ, 2013. 160 с.

Н.А. Антипов, студ.; рук. А.Г. Салов, д.т.н., доц. (СГАСУ, г. Самара)

МОДЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛООБМЕНА В ОПОРАХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ТЭЦ

Надежность работы питательных, подпиточных, сетевых насосов ТЭЦ во многом определяется работоспособностью опор качения, которая зависит от долговечности смазки, находящейся в этих опорах. При работе опор качения происходит взаимное перемещение их контактирующих поверхностей, и в узлах трения выделяется тепло [1], которое влияет на работоспособность смазки, долговечность и надежность работы вспомогательных механизмов. Смазка предохраняет зону контакта от непосредственного контакта поверхностей. Отказ подшипников качения происходит в основном в результате ухудшения свойств смазки при нагреве ее до температуры выше допустимой. Значительная неоднородность температурного поля в смазочных пленках обуславливает необходимость анализа тепловых процессов, происходящих в зонах трения, для определения условий, при которых имеет место наибольшая работоспособность смазки, которая существенно зависит от ее температуры.

При построении математической модели теплообмена в зоне трения сформулированы следующие допущения: смазка является ньютоновской жидкостью; тепло выделяется в результате вязкого сдвига, вызванного скольжением контактирующих поверхностей; длина контакта мала по сравнению с размерами контактирующих тел, поэтому пренебрегаем кривизной поверхностей в зоне контакта и построение математической модели ведем в декартовой системе координат; контакт считается тяжело нагруженным, поэтому толщину слоя смазки считаем постоянной; трение в зонах входа и выхода мало по сравнению с трением в зоне контакта.

Для сформулированных допущений построена математическая модель и получено решение для расчета распределения температуры по толщине зоны смазки. Анализ результатов расчета показал, что максимальная температура смазки превышает температуру поверхностей качения при различных режимах работы на 50—100 °С и близка к максимально допустимому значению по долговечности для смазки МС-20, используемой в опорах трения.

Литература

1. Дилигенский Н.В., Санько Ю.М., Салов А.Г. Расчет температур и касательных напряжений в упругогидродинамическом контакте качения со скольжением с учетом неизотермичности контактирующих поверхностей // *Машиноведение*. 1978. № 3. С. 74—79.

Г.Н. Афонина, студ.; рук. В.С. Глазов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

О НОРМАТИВАХ И ВЛИЯНИИ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ НА ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ ЗДАНИЙ

Основанием для проведения данной работы стали данные Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации, согласно которым потребление тепловой энергии в жилых домах даже одинаковых серий осуществляется крайне неоднородно, и может отличаться в 4 и более раз.

Вот несколько причин, по которым здания одной серии могут иметь разную эффективность: неодинаковая ориентация здания по сторонам света, разная роза ветров (искаженная городской застройкой), человеческий фактор (регулирование параметров комфорта по субъективному ощущению), технологический фактор (время, способ и погодные условия возведения здания, а также качество строительных материалов).

Поскольку современные нормативные документы не учитывают влияние топологии городской застройки на температурные и скоростные характеристики воздушной среды у зданий, было выполнено математическое моделирование с учетом этого фактора. Кроме того, проведен расчет теплопотребления здания в соответствии с действующими и актуальными (на момент его возведения) нормативными требованиями.

Сопоставительный анализ результатов, полученных для зданий одной серии, расположенных в разных микрорайонах Москвы, показал, что наибольшая неравномерность распределения температуры и коэффициента теплоотдачи по наружной поверхности равновысотных зданий наблюдается в горизонтальном направлении. Это означает, что для поддержания комфортных условий в помещениях, расположенных на одном и том же этаже здания, потребуется разное количество теплоты. Стоимость проживания в квартирах будет определяться не только стоимостью тепловой энергии, но и топологией городской застройки.

Кроме того, поквартирный учет потребления тепловой энергии в здании позволяет выявить разницу в оплате за отопление одинаковых помещений, наружные стены которых находятся под разным воздействием внешней среды. Разная плата за отопление одинаковых помещений должна сказаться на их стоимости. Ясно, что покупатель выберет помещение с минимальной платой за отопление, если эта информация будет ему доступна.

Поскольку изменение топологии городской застройки может изменить внешние условия теплообмена, т.е. повлиять на величину тепловой энергии, необходимой для поддержания комфортных условий в помещениях зданий, потребуется согласие их владельцев на мероприятия, изменяющие эффективность зданий.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА НА ОБЪЕКТАХ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

При проведении работ по реконструкции объектов культурного наследия большое внимание уделяется системам обеспечения микроклимата. Поддержание требуемого воздушного режима памятника архитектуры необходимо для сохранности предметов интерьера, конструкций и монументальной живописи [1]. Требуемый режим здания обеспечивается системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. В последних из перечисленных систем с целью экономии тепловой энергии предусматривают утилизацию теплоты вытяжного воздуха.

В настоящее время производители установок вентиляции и кондиционирования воздуха предлагают теплоутилизаторы (ТУ) различных конструкций. В системах вентиляции и кондиционирования воздуха применяются ТУ: с промежуточным теплоносителем; регенеративные; воздухо-воздушные рекуперативные.

В настоящей работе проведен анализ характеристик и проведен выбор оптимального ТУ на основе теплоаэродинамического метода [2]. В качестве критериев оптимизации принимается площадь удельной поверхности нагрева $F_{уд}$, масса удельной поверхности $M_{уд}$, стоимость материалов. Для примера в табл. 1 приведено сравнение трех теплообменников, используемых для нагрева воздуха в теплоутилизаторе с промежуточным теплоносителем, по двум из приведенных выше критериев.

Таблица 1

Сравнение воздухонагревателей

Воздухонагреватель	$F_{уд}$	$M_{уд}$
КВС	0,0355	0,129
КВБ	0,038	0,139
КСк-3	0,029	0,0783

На основании данных, представленных в таблице, можно сделать вывод о том, что по минимуму $F_{уд}$ и $M_{уд}$ лучшим теплообменником является КСк-3 — трубчатый теплообменник со спиральным оребрением из алюминия со стороны воздуха.

Литература

1. Свод реставрационных правил. СРП-2007. М.: Министерство культуры Российской Федерации, 2011.
2. Богославский В.Н., Поз М.Я. Теплофизика аппаратов утилизации тепла систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: Стройиздат, 1983.

*А.К. Гаськов, асп.; А.В. Пекунова, инж.;
рук. В.В. Бухмиров, д.т.н., проф. (ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ В ЦЕЛЯХ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

В настоящее время в целях энергосбережения применяют новые тонкопленочные покрытия, состоящие из полых микросфер в связующем вязком материале, которые имеют физические свойства как у красок, но с меньшим значением коэффициента теплопроводности. Известные из литературы данные о теплофизических свойствах данного энергосберегающего материала крайне противоречивы и могут отличаться друг от друга минимум на порядок. Нет единого мнения и об области применения энергосберегающих красок на объектах строительства и ЖКХ. Поэтому оценка изменения коэффициента теплопроводности энергосберегающих красок в зависимости от их состава и температуры и исследование их поведения в реальных условиях эксплуатации — весьма актуальная задача, решение которой позволит повысить точность тепловых расчетов.

Авторами были проведены лабораторные исследования коэффициента теплопроводности тонкопленочных покрытий на стенде, разработанном в ИГЭУ [1], и натурные исследования эффективности применения энергосберегающих красок на трубопроводах горячей воды в тепловом пункте, а также на полномасштабном исследовательском полигоне, установленном в частном жилом доме. На основе исследований сделаны следующие выводы.

1. Среднее значение коэффициента теплопроводности энергосберегающей краски на основе связующего из акрила в интервале температур 20—100 °С лежит в пределах 0,019—0,028 Вт/(м·К) в зависимости от массовой доли содержания микросфер.

2. Коэффициент теплопроводности энергосберегающей краски практически линейно увеличивается с ростом температуры и уменьшается с увеличением содержания микросфер.

3. Энергосберегающую краску целесообразно использовать в качестве тепловой изоляции трубопроводов в тепловых пунктах, эксплуатирующихся в условиях повышенной влажности.

4. Применение энергосберегающих красок для утепления фасадов зданий эффективно только при совместном использовании с другими видами классической тепловой изоляции.

Литература

1. **Бухмиров В.В., Гаськов А.К.** Экспериментальный стенд для определения коэффициента теплопроводности // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: 19-я Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. В 4 т. Т. 4. М.: Издательский дом МЭИ, 2013. 334 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕХОДА НА АВТОНОМНОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ОТ ВОЗДУШНОЙ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РОССИИ

В настоящее время теплонасосные установки (ТНУ) получили широкое распространение. Однако их эксплуатация в климатических условиях России существенно зависит от колебаний температуры наружного воздуха в течение отопительного периода и климатических условий в районе строительства отапливаемого здания, а также от соотношения тарифов на тепловую и электрическую энергию. В этой связи ответ на вопрос об энергетической и экономической эффективности применения ТНУ для нужд теплоснабжения становится неочевидным.

В работе выполнен анализ потребления энергоресурсов и финансовых затрат по их оплате при условии полного перехода на теплоснабжение от ТНУ, а также их сравнение с потреблением и затратами при централизованном теплоснабжении для различных климатических районов Европейской части Российской Федерации (гг. Киров, Волгоград, Севастополь, Краснодар). Анализ проводился по результатам численных расчетов. В расчетах использовались фактические климатические данные в пределах отопительного периода для указанных регионов. Вводилось понятие коэффициента обеспеченности отопительной нагрузки $a = Q_{\text{ТНУ}}^{\text{НОМ}} / Q_0^{\text{Р}}$, который представляет долю номинальной тепловой производительности ТНУ от отопительной нагрузки. Результаты численных расчетов представлены на рис. 1. Расчеты показывают, что при определенном значении коэффициента a расходы становятся сопоставимыми или меньшими по сравнению со случаем централизованного теплоснабжения.

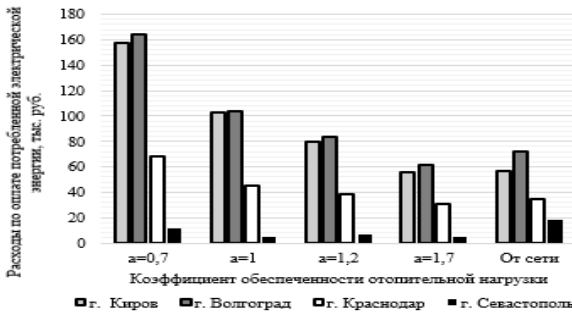


Рис. 1. Расходы по оплате тепловой, получаемой из тепловой сети, и электрической энергии, потребленной ТНУ, при различных значениях коэффициента обеспеченности

Д.Р. Колдашева, студ.; рук. А.Б. Гаряев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКАНАЛЬНОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА

Работы по утилизации теплоты отходящих газов в промышленности являются весьма актуальными, но так как используемые в данных целях установки не всегда являются достаточно эффективными, предлагаются варианты решения этой проблемы.

Одним из них является увеличение передаваемого количества теплоты в испарителе установок путем развития теплообменной поверхности. Применения алюминиевого микроканального теплообменника в качестве испарителя установок позволяет добиться этого. Эквивалентный диаметр каналов такого аппарата составляет сотни или даже десятки микрон.

Главной проблемой развития микроканальных теплообменников является поиск компромисса между передаваемым тепловым потоком Q и электрической мощностью на прокачку теплоносителей N_i .

Для решения этой проблемы в работе было предложено использовать целевую функцию вида $Z(d, l, n) = \frac{1}{b}(Q - a\sum N_i)$, которая будет зависеть от диаметра d , длины l и количества каналов n . После преобразования данная

функция примет следующий вид:
$$Z(d, l, n) = \frac{1}{2d_{\text{вн}}\sqrt{n} + d_{\text{вн}}} \left(Q - a \frac{C_1 C_2 Q^3}{(nd_{\text{вн}}^2)^2} \right),$$

где C_1 и C_2 — константы.

Построив данную зависимость, получим распределение функции Z (рис. 1), имеющее максимум. Использование данного подхода позволит найти оптимальное соотношение между геометрическими размерами микроканального теплообменника, при котором будет передаваться максимальный тепловой поток.

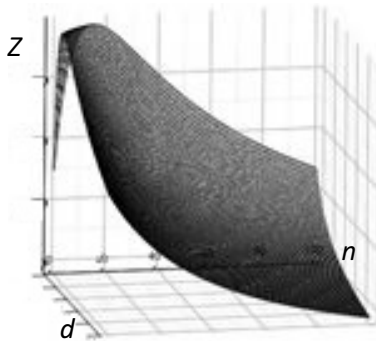


Рис. 1. График целевой функции Z

Ю.В. Коротке, студ.; рук. А.Б. Гаряев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ДАТА-ЦЕНТРОВ

Потребление электроэнергии холодильным оборудованием оценивается в 15—20 % в энергобалансах развитых стран. Поэтому использование холодного наружного воздуха (фрикулинг) в системах кондиционирования воздуха стало революционным шагом на пути к энергоэффективной системе охлаждения.

В качестве объекта исследования в работе был выбран дата-центр крупного банка, расположенный в средней полосе России — в г. Москве. Номинальная мощность дата-центра — 200 кВт, площадь серверных помещений — 125 м², число монтажных стоек — 40 ед.

В работе рассмотрен ряд возможных конфигураций схем системы охлаждения дата-центра, а именно: классическая схема на базе фреонового чиллера, схема с аппаратом воздушного охлаждения, схема с утилизатором теплоты и схема с частичной рециркуляцией вытяжного воздуха, включающая режим фрикулинга. Система охлаждения была рассчитана для трех городов России: Москвы, Новосибирска и Сочи.

Для каждой климатической зоны система охлаждения была рассчитана в двух режимах: классический режим работы чиллера и режим совместной работы рециркуляции и фрикулинга. В результате расчета были составлены сводные таблицы энергопотребления системы в каждом из режимов. Также был проведен расчет экономических затрат на электроэнергию в системе. По данным таблиц были построены гистограммы (рис. 1), показывающие годовое изменение энергопотребления системы охлаждения с фрикулингом и без него. Результаты показали, что энергопотребление в режиме с фрикулингом в 17,5 раз меньше, нежели в классическом режиме, тем самым подтверждая перспективность выбранного направления исследования.

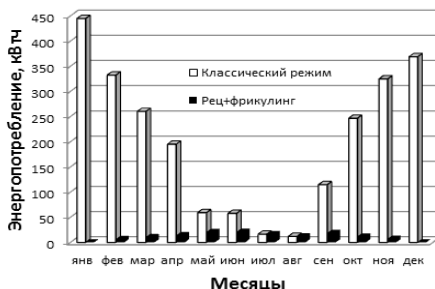


Рис. 1. Изменение расхода электроэнергии для термостабилизации воздуха в серверном помещении для г. Москвы

Д.А. Кравцов, студ.; рук. Н.М. Савченкова, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

ПРИМЕНЕНИЕ КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА С ТЕРМОСИФОНОМ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Водогрейный котел-утилизатор с термосифоном — это установка, использующая теплоту отходящих газов, которая может существенно повысить энергоэффективность технологических процессов.

Закрытый термосифон является теплопередающим устройством [1] водогрейного котла, обеспечивающим перенос теплоты от дымовых газов к холодной воде в результате испарительно-конденсационного цикла.

Установка состоит из: трубы термосифона (или пучка труб) со штырьковым оребрением; двух трубных решеток (две прочные стальные пластины); верхнего и нижнего фланца (для соединения термосифона и пластин); трубы для отвода конденсата из крышки в поддон; пучка труб, находящихся в крышке; дымохода, по которому происходит подача дымовых газов. Термосифон находится в рабочей камере, ограниченной двумя стенками с изоляцией.

Основные достоинства водогрейного котла-утилизатора с термосифоном:

- простота конструкции;
- дешевизна: возможность изготовления отдельных элементов котла из отходов основного производства;
- повышение эффективности использования тепловых ВЭР низкого потенциала при применении штырькового оребрения со стороны дымовых газов [2];
- снижение гидравлического сопротивления по тракту дымовых газов за счет использования штырькового оребрения;
- компактность;
- малая металлоемкость;
- высокая теплопроводность термосифона за счет использования теплоты фазовых переходов;
- использование естественной циркуляции воды, что приводит к повышению производительности агрегата и уменьшению тепловых напряжений;
- снижение потребления электричества.

Литература

1. **Groll M.** Heat pipes, heat pumps, refrigerators, power sources // Lecture from IX Minsk International Seminar. 2015. Vol. 2. P. 58.

2. **Петухов Б.С., Шикова В.К.** Справочник по теплообменникам: В 2 т. Т. 1: пер. с англ. под ред. Б.С. Петухова. М.: Энергоатомиздат, 1987. 560 с.

Г.В. Кустова, студ.; рук. В.В. Бухмиров, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

С выходом закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» обозначилась проблема выбора энергосберегающих мероприятий (ЭСМ) и их технико-экономического обоснования. В настоящее время предлагается большое количество отечественных и зарубежных решений в области энергосбережения для практического использования. Но не все решения являются экономически целесообразными, поэтому остро встает вопрос расчета их экономической эффективности.

Основными показателями экономической эффективности ЭСМ являются величина чистого дисконтированного дохода (ЧДД) и срок окупаемости мероприятия. Срок окупаемости равен количеству лет, которое требуется для возмещения начальных инвестиций. Величина ЧДД определяется по формуле

$$\text{ЧДД} = -IC + \sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+i)^t}, \quad (1)$$

где IC — начальные инвестиции; t — число лет ($t = 1, \dots, N$); CF_t — платеж через t лет; i — ставка дисконтирования.

Для определения целесообразности проведения энергосберегающего мероприятия в Ивановском государственном энергетическом университете им. В.И. Ленина (ИГЭУ) создана база энергосберегающих мероприятий (БЭСМ) на платформе *Microsoft Excel*. База позволяет выбрать мероприятие в зависимости от потребляемого энергоресурса (тепловая, электрическая энергия, вода или топливо) и от типа объекта энергосбережения (котельные, промышленные объекты, объекты ЖКХ). В БЭСМ содержится подробное описание ЭСМ, ссылки на сайты производителей, а также калькулятор расчета показателей экономической эффективности для каждого мероприятия.

В связи с изменением цен идет постоянный мониторинг крупнейших производителей энергосберегающего оборудования в целях обновления информации о затратности мероприятия, а следовательно, и об его экономической эффективности.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВОК ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЕТА ОТОПИТЕЛЬНОГО КОНВЕКТОРА

При испытаниях промышленно выпускаемых конвекторов передаваемый ими тепловой поток определяется при стандартных условиях: заданных размерах, нормируемых разности температур и расходе теплоносителя [1]. Тем не менее существует много факторов, влияющих на передаваемый конвектором тепловой поток. Целью данной работы является определение и расчет поправок к передаваемому конвектором тепловому потоку, которые бы учитывали отклонения размеров ребер, площади их поверхности и коэффициента теплопроводности от их первоначальных (нормируемых) значений.

Коэффициент теплопередачи конвектора приближенно может быть вычислен как

$$K \approx a_2 \eta_0, \quad (1)$$

где a_2 — коэффициент теплоотдачи со стороны холодного теплоносителя (воздуха); η_0 — коэффициент полезного действия (КПД) оребренной поверхности, близкий к КПД ребра. Путем вычислений значений КПД при изменении теплопроводности (λ), толщины (δ) и высоты ребра (l), получены поправки к тепловому потоку, передаваемому от конвектора к воздуху. В итоге с учетом поправок тепловой поток можно представить в виде

$$Q = K F \overline{\Delta t} S_1 S_2 S_3, \quad (2)$$

где S_1 , S_2 — поправки на изменение теплопроводности материала и толщины ребра; S_3 — поправка, учитывающая влияние площади поверхности на эффективность ребра (КПД). Для примера на рис. 1 приведена зависимость поправки S_3 от безразмерного параметра, представляющего собой отношение расчетной площади ребра к нормируемой $C_3 = f/f_0$.

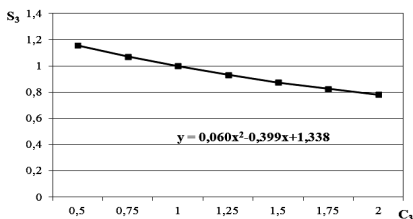


Рис. 1. График поправки на изменение площади поверхности ребра

Литература

1. Сканави А.Н., Махов Л.М. Отопление. М.: Издательство АСВ, 2006.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОРЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА

В работе [1] показано, что с переходом к рыночным отношениям оборудование ТЭЦ стало постоянно работать при пониженных нагрузках. Это привело к росту расходов электрической энергии на собственные нужды более чем в два раза. На современных ТЭЦ установлены питаельные насосы с электроприводами мощностью 4 МВт. В настоящее время актуальным является применение для этих установок регулируемого привода в виде гидромурфты.

Гидромурфта позволяет при неизменных оборотах электродвигателя изменять обороты насоса в диапазоне от 50 до 100 %. При регулировании в гидромурфте выделяется тепло, которое можно использовать в цикле станции на подогрев различных потоков воды и конденсата.

В настоящей работе построена математическая модель теплообмена в смазке, охлаждающей гидромурфту. Математически задача формулируется в виде системы дифференциальных уравнений в частных производных. Для случая, когда все выделившееся в гидромурфте тепло уносится потоком смазки, прокачиваемой через гидропривод, получено следующее соотношение:

$$Q = \frac{2c\rho v_2\mu_0(v_2 - v_1)^2}{\delta\mu_0(v_1 - v_2)^2(R_2 - R_1) + 8c\rho h^2v_2e^{t_0\delta}}, \quad (1)$$

где c — удельная теплоемкость смазки, Дж/(кг·К); ρ — плотность смазки, кг/м³; μ_0 — вязкость смазки при $T = 293$ К, Па·с; v_2 — скорость ведущих дисков, м/с; v_1 — скорость ведомых дисков, м/с; δ — температурный коэффициент, К; R_2 и R_1 — наружный и внутренний диаметр дисков, м; h — расстояние между ведомым и ведущим диском, м; t_0 — температура смазки, равная 293 К.

Литература

1. Дилигенский Н.В., Салов А.Г., Гаврилова А.А., Гаврилов В.К. Комплексный анализ режимов работы основного оборудования генерирующих предприятий и расходов электрической энергии на собственные нужды // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2008. №2 (22). С. 186—195.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ НАГРЕВА И ОСТЫВАНИЯ ВОДЫ В СОЛНЕЧНОМ КОЛЛЕКТОРЕ ТИПА «БОЧКА» РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Истощение запасов традиционного ископаемого топлива и экологический ущерб от его сжигания повысили интерес к использованию нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ). Самым перспективным направлением использования НВИЭ является солнечная энергетика. В солнечной энергетике выделяют три основных направления использования энергии Солнца: водонагревательные установки (коллекторы), солнечные электростанции (СЭС), фотоэлектрические преобразователи (ФЭП).

Существует большое количество различных типов солнечных коллекторов, одним из которых является солнечная бочка. Простота конструкции, отсутствие дополнительных механизмов делают этот тип коллектора популярным и часто используемым в летний период для нагрева воды для нужд горячего водоснабжения (ГВС).

В переходный или холодный период года температура воды в бочке имеет некомфортное для тела человека значение. Этот недостаток можно устранить путем совершенствования конструкции — использования кожуха, который создает парниковый эффект и уменьшает тепловые потери с поверхности бочки за счет конвекции.

Экспериментальные исследования были направлены на определение времени нагрева и остывания воды внутри бочки в трех разных точках на оси. Были проведены эксперименты при следующих условиях: отсутствие вынужденной конвекции (обдува наружной поверхности бочки); наличие вынужденной конвекции. Нагрев поверхности бочки осуществлялся при помощи лампы мощностью 2000 Вт в течение 4 ч. Процесс остывания воды контролировался в течение 20 ч. Измерения температур воды, поверхности бочки, поверхности кожуха (при его наличии) проводились при помощи термопар типа К.

На основании проведенных экспериментов был сделан вывод о том, что наличие кожуха во всех экспериментах оказывало положительное влияние. В отсутствие вынужденной конвекции время остывания воды при наличии кожуха было меньше на 12 % по сравнению со временем остывания бочки без кожуха. При наличии вынужденной конвекции время остывания воды при наличии кожуха меньше на 20—23 % по сравнению со временем остывания бочки без кожуха.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХОЛОДНОЙ И ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

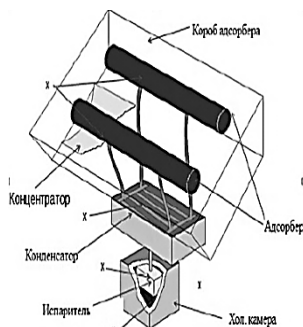


Рис. 1. Солнечная адсорбционная холодильная установка

В настоящее время актуальным остается комплексное энергоснабжение автономных потребителей всеми видами энергии от возобновляемых источников.

В данной работе предлагается совместное использование двух существующих установок в системе автономного энергоснабжения здания. Одна из установок представляет собой солнечную адсорбционную холодильную машину (рис. 1) [1]. Для данной установки на предыдущих этапах исследования были разработаны математическая модель и компьютерная программа для расчета процесса адсорбции газа активированным углем различных марок. Вторая установка — это нагнетатель жидкости, представляющий собой насос теплового действия (НТД)

[2]. Насос теплового действия на начальной стадии планируется применять в водяных системах отопления и горячего водоснабжения взамен нагнетателей, использующих электрическую энергию. Применение НТД экономит электрическую энергию и повышает эффективность использования тепловой энергии, получаемой от солнца.

Эта работа осуществляется в рамках сотрудничества двух университетов: INTEC (Технологический институт г. Санто-Доминго, Доминиканская Республика), исследователи которого занимаются разработкой солнечной адсорбционной холодильной установки, и НИУ «МЭИ» (г. Москва, Россия), в котором разрабатывается насос теплового действия.

Для проектирования улучшенной адаптированной адсорбционной холодильной установки и комплексной системы автономного энергоснабжения здания, включающей насос теплового действия, используются экспериментальные данные по интенсивности потока солнечной радиации, полученные специалистами INTEC.

Литература

1. Самсон И.Ф., Эчарри Р., Гаряев А.Б. Исследование влияния свойств сорбента на показатели солнечной адсорбционной холодильной установки // Промышленная энергетика. М.: Энергопрогресс. 2015. № 9. С. 35—40.

2. Патент на полезную модель «Тепломассопередающее устройство» № 110175 от 24.05.2011 / Н.М. Савченкова, В.Я. Сасин, И.В. Парехина, В.А. Чернышов. М.: Роспатент, 2011.

*Н.А. Мартьянов, студ.; рук. О.Р. Ключников, д.х.н., проф.
(КГЭУ, ООО «ОЛЕПЛАСТИКА», г. Казань)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ И ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КАУЧУКА СКЭПТ ХОЛОДНОЙ ВУЛКАНИЗАЦИИ

В настоящее время проблема ремонта поврежденных участков кровли остается актуальной. В связи с этим целью данной работы является исследование свойств гидроизоляционного материала на основе синтетического этилен-пропиленового каучука (СКЭПТ) и вулканизирующего агента парахинондиоксида для локального экспресс-ремонта кровли. Живучесть экспериментального материала составила от 0,5 до 1 ч, что является технологичным. Опытный образец был нанесен тонким слоем на поврежденные сухие участки крыши жилого дома ТСЖ ОАО «Уютный дом» г. Казани с целью последующей оценки состояния покрытия в течение года. Первые три месяца наблюдения показали хорошую адгезию и условную прочность покрытия.

Также был создан образец композиционного материала на основе соломы и каучука холодной вулканизации. На данном этапе работы нами проводится исследование его теплоизолирующих свойств. Значение теплопроводности материала солома—каучук составило $\lambda = 0,0404$ Вт/(м·К).

Работа была поддержана и финансирована фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, № 11881 р/21596.

Литература

1 Ключников О.Р., Закирова И.А. Защитное покрытие на основе этилен-пропилен-диеновых эластомеров холодной вулканизации для локального ремонта гидро- и электроизоляции // Энергетика Татарстана. 2010. № 4. С. 21—24.

*В.Ю. Матраев, А.В. Бредников, А.И. Филонов, студенты;
рук. М.Г. Бобылёв, ст. преп. (Филиал НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

АНАЛИЗ РАБОТЫ СОЛНЕЧНОЙ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ В СРЕДНЕЙ ПОЛОСЕ РОССИИ

Вся земная поверхность получает солнечную энергию. Суммарная солнечная радиация на земную поверхность изменяется и зависит от климатических условий и географического местоположения [1]. Использование солнечных коллекторов для нагрева воды, используемой в системе горячего водоснабжения зданий, представляет один из возможных способов энергосбережения [2].

В работе анализируется работа солнечной водонагревательной установки в регионах средней полосы России, в частности в районе г. Смоленска. Расчет коэффициента полезного действия (КПД) солнечного коллектора проводился для восьми месяцев — с марта по октябрь. Зависимость КПД солнечной водонагревательной установки от периода года (по месяцам) представлена на рис. 1. Анализ полученных результатов показал, что солнечные водонагревательные установки целесообразно использовать (например, для частных домов) комбинированно с традиционными системами теплоснабжения. Это обусловлено тем, что значения КПД солнечных установок недостаточно высоки по сравнению с КПД традиционных источников теплоснабжения. Недогрев воды до необходимых по стандарту 60 °С в большинстве случаев требует установки дополнительного оборудования в виде дублера (подогревателя), что приводит к дополнительным затратам. Проблемы такого типа возникают из-за малого количества солнечных дней в году в рассматриваемых регионах.

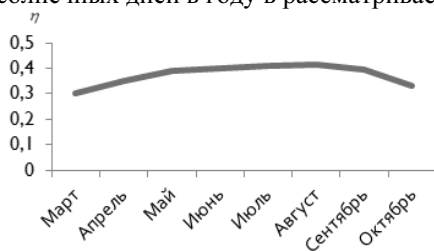


Рис. 1. Изменение КПД солнечной водонагревательной установки по месяцам года

Литература

1. **Сабади П.Р.** Солнечный дом: пер. с англ. Н.Б. Гладкова. М.: Стройиздат, 1981. 112 с.
2. **Системы** солнечного тепло- и хладоснабжения / под ред. Э.В. Сарнацкого, С.А. Чистовича. М.: Стройиздат, 1990. 323 с.

А.М. Мордовина, студ.; рук. А.Б. Гаряев, д.т.н, проф. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТАНОВКИ ОРГАНИЧЕСКОГО ЦИКЛА РЕНКИНА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОСЕЛКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИЕЙ

В последние десятилетия большие усилия прилагаются для использования низкопотенциальной энергии, которая в огромных количествах выбрасывается в окружающую среду. Для утилизации низкопотенциальной энергии все чаще применяется органический цикл Ренкина (ORC). Рабочие тела данного цикла при атмосферном давлении имеют температуру кипения значительно ниже, чем у воды. Помимо утилизации низкопотенциальной энергии, данную установку целесообразно использовать в удаленных районах, где существуют проблемы с энергообеспечением от централизованных сетей.

В работе выполнен подбор основного оборудования ORC-системы, являющейся автономным источником электроэнергии для небольшого поселка. В качестве рабочего тела для цикла были взяты два вещества: пропан и бутан. По термодинамическим показателям эффективность работы установки на бутане оказалась значительно выше. Для оценки целесообразности применения такого типа установок было проведено их сравнение с установками, работающими по принципу двигателя внутреннего сгорания (дизель-генераторная установка). Несмотря на то что ORC-установка достаточно дорога (табл. 1) по сравнению с дизель-генераторной установкой, стоимость которой составляет 94 300 USD, ее применение оказалось выгодно и экологически рационально. Это связано с тем, что для ORC-системы используется малоценное топливо (отходы деревообрабатывающей промышленности поселка), в то время как приобретение и транспортировка дизельного топлива требуют значительных затрат. При этом условии применение ORC-системы целесообразно в качестве автономного источника.

Таблица 1

Стоимость основного оборудования ORC-системы

№	Название оборудования	Стоимость
1	Turboden 5 CHP (ORC-модуль)	1 100 000 USD
2	Теплогенератор ТГ-2,0	27 464,9 USD
3
Итого:		1 142 380 USD

*П.А. Олейник, студ.; рук. А.Г. Салов, д.т.н., проф.
(СГАСУ, г. Самара)*

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОТЛА ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Экономия энергоресурсов и эффективность их использования являются одним из приоритетных направлений при проектировании систем жизнеобеспечения (отопления и горячего теплоснабжения). Для индивидуального теплоснабжения коттеджей площадью $\sim 300 \text{ м}^2$ в современном строительстве используются настенные и напольные котлы мощностью 63 кВт.

Так как отопительная нагрузка котла зависит от температуры наружного воздуха, то в течение отопительного сезона котел работает с нагрузкой меньше номинальной, кроме наиболее холодных 10—15 дней в году.

Конструкция современных газовых котлов российского производства компании «Сигнал» КОВ-63СТ рассчитана на естественную подачу воздуха. Эффективность работы такого котла высока при режимах, близких к номинальному.

При пониженных нагрузках эффективность работы котла снижается, так как сокращается подача топлива в котел, а подача воздуха на горение остается неизменной. Сжигание топлива при коэффициенте избытка воздуха выше расчетного приводит к увеличению потерь тепла с уходящими газами. Анализ режимов работы котла при пониженной нагрузке показал, что коэффициент полезного действия котла снижается от 92 % при номинальной нагрузке до 86 % при работе в летний период.

Для повышения эффективности производства тепловой энергии необходимо обеспечить экономичный режим работы котла во всем диапазоне его нагрузок, и для этого необходимо обеспечить постоянный коэффициент избытка воздуха, равный 1,1.

Предлагается выполнить на котле регулируемую подачу воздуха в топку. Регулирование подачи воздуха будет осуществляться устанавливаемым на котле вентилятором с частотно-регулируемым приводом мощностью 0,36 кВт.

Двигатель с частотно-регулируемым приводом обеспечит необходимую подачу воздуха для сжигания топлива и поддержание оптимального значения коэффициента избытка воздуха, что позволит сократить расход топлива и обеспечит надежную работу котла. Проведенные расчеты показали, что вентилятор будет всегда работать в номинальном режиме, а расход электроэнергии на привод вентилятора будет пропорционален оборотам вентилятора.

*И.В. Парёхина, асп.; Е.А. Токмакова, студ.;
рук. И.В. Яковлев, к.т.н., с.н.с. (НИУ «МЭИ»)*

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В настоящее время теплонасосные установки (ТНУ) получили повсеместное распространение благодаря своей эффективной работе, широкому диапазону возможных источников низкопотенциальной теплоты и возможности применения ТНУ как для горячего водоснабжения, так и для отопления зданий.

В России, как и за рубежом, уже существуют системы, использующие ТНУ для теплоснабжения зданий, но в отличие от зарубежного применения такие системы единичны, и нет общей методики расчета реальной эффективности применения подобных систем до их внедрения. Это объясняется существенным отличием в климатических условиях в течение отопительного периода, а также различным соотношением тарифов на тепловую и электрическую энергию в регионах России. С уменьшением температуры наружного воздуха возрастает количество теплоты, требуемой для отопления зданий. В то же время чем ниже температура источника (наружного воздуха), тем меньше коэффициент трансформации теплоты и тем больше электрическая мощность, затрачиваемая на привод компрессора ТНУ. Недостаток теплоты от ТНУ может быть восполнен электрическими котлами (при условии перехода на автономное теплоснабжение) или централизованным теплоснабжением (при частичном замещении теплоты от тепловой сети теплотой от ТНУ).

В работе представлены модельные расчеты энергетической и экономической эффективности систем централизованного теплоснабжения с частичным обеспечением отопительной нагрузки теплонасосными установками. Расчеты выполнены для различных регионов России с учетом действующих тарифов на тепловую и электрическую энергию. Особенностью расчетов является учет зависимости коэффициента трансформации теплоты от температуры источника и фактических изменений этой температуры для различных регионов в течение отопительного периода.

Расчеты показали, что суммарное потребление тепловой и электрической энергии при совместном действии централизованного и частичного децентрализованного (от ТНУ) теплоснабжения зависит от того, какую часть отопительной нагрузки обеспечивает ТНУ. При определенном соотношении нагрузок, обеспечиваемых ТНУ и централизованным теплоснабжением, наблюдается минимум потребления энергоресурсов и финансовых затрат.

О.В. Парфёнова, студ.; рук. М.В. Посашков, к.т.н.
(СГАСУ, г. Самара»)

АНАЛИЗ СИСТЕМНОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОНОМНЫХ ЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ

В условиях роста численности населения и расширения городских территорий существующие энергоисточники не рассчитаны на растущие нагрузки, поэтому возникает проблема сооружения энергоэффективных и экологических энергоисточников, расположенных в городской черте. В этих условиях существует необходимость проведения системной оценки эффективности предлагаемых решений по вводу новых энергетических мощностей с учетом четырех групп критериев: технологических, экономических, потребительских и экологических [1].

Проведен комплексный анализ технологических, экономических, потребительских и экологических характеристик трех пилотных проектов мини-ТЭЦ на базе когенерационных установок. Были рассмотрены проекты: энергоснабжения на базе 14 газопоршневых установок с установленной тепловой (65,6 МВт) и электрической (56 МВт) мощностью (проект 1); энергоснабжения на базе 8 газопоршневых установок с установленной тепловой (31 МВт) и электрической (17 МВт) мощностью (проект 2); энергетического комплекса на базе трех газотурбинных установок с установленной тепловой (560 МВт) и электрической (327 МВт) мощностью (проект 3). Проекты реализуются в рамках областной целевой программы «Развитие энергетики Самарской области на 2006—2015 годы».

Для решения данной задачи использована методология многокритериального оценивания сравнительной эффективности — *Data Envelopment Analysis (DEA)*. Суть рассматриваемого подхода состоит в исследовании объекта с множеством выходных и входных параметров, решении оптимизационных задач, определении обобщенных показателей. Предложена методика выбора эффективного энергоисточника, отвечающего оптимальному соотношению экономических, экологических и потребительских качеств.

Полученные обобщенные показатели не дали однозначного ответа о лучшем энергоисточнике по всем четырем группам критериев. Показатель системной энергетической эффективности по совокупности всех критериев максимален у проекта 3, что коррелируется с полученной оценкой технологической эффективности [1].

Литература

1. Дилигенский Н.В., Немченко В.И., Посашков М.В. Методы системного анализа для многокритериального оценивания и повышения энергетической эффективности объектов систем децентрализованного теплоснабжения // Известия Самарского научного центра РАН. Самара: 2011. Т. 13. № 4 (4). С. 949—956.

М.Ю. Пашкина, студ.; рук. А.Л. Ефимов, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗРАЗМЕРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ТЕПЛООТДАЧИ В КАНАЛАХ ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

В настоящее время подбор и расчет пластинчатых теплообменников осуществляются, как правило, по компьютерным программам зарубежных фирм, разработчики которых не предоставляют эксплуатирующей организации полной информации о геометрических характеристиках пластин и образованных ими каналов, о расчетных зависимостях по теплообмену и гидравлическим сопротивлениям. Отсутствие данных не позволяет специалистам эксплуатирующей организации провести перерасчет характеристик, что вызывает трудность подбора, расчета и дальнейшего совершенствования пластинчатых теплообменников.

В работе определяется безразмерная зависимость для теплоотдачи в каналах пластинчатых теплообменников на основе обобщения результатов расчета пластинчатых теплообменников с использованием компьютерных программ и методики обработки данных, представленной в [1].

Для получения зависимости были выполнены расчеты теплообмена для нескольких типоразмеров пластинчатых теплообменников и нескольких режимов работы каждого из них с использованием компьютерной программы фирмы *Sondex*. Затем задавалось ориентировочное значение показателя степени $n \approx 0,7$. Для каждого типоразмера строилась зависимость $Nu/Pr^{0,4} = ARe^n$ в среде Excel и уточнялось значение n . На заключительном этапе путем обработки данных по методу наименьших квадратов в среде Excel находилось значение показателя n_1 , в итоге было получено выражение для безразмерной теплоотдачи в виде

$$Nu/Pr^{0,4} = ARe^n (2F_o/f_o)^{n_1}, \quad (1)$$

где F_o, f_o — площадь поверхности теплообмена одной пластины и площадь проходного сечения канала между соседними пластинами соответственно.

Литература

1. **Ефимов А.Л., Такташев Р.Н.** Сравнение результатов расчета теплообмена при конденсации пара в каналах пластинчатых теплообменников по компьютерной программе и инженерной методике // Энергосбережение — теория и практика: Труды 5-й Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. С. 75—78.

И.О. Переславцев, студ.;
рук. А.Г. Салов, д.т.н., доц. (СГАСУ, г. Самара)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА ЗАПАСОВ НА СКЛАДАХ ТЭЦ

Организация надежного материально-технического снабжения теплоэлектроцентралей с оптимизацией материальных запасов на станции снижает себестоимость вырабатываемой продукции и повышает конкурентоспособность производимой энергии.

Под запасами ТЭЦ мы понимаем материалы и запасные части, приобретаемые для проведения ежегодных ремонтов оборудования станций.

Запасы материально-технических ресурсов предоставляют предприятию определенную свободу в осуществлении текущих закупок, обеспечении производственного процесса, планировании и проведении ремонтной кампании. Замораживание средств, вложенных в излишние запасы, могут быть значительными, при этом существуют угрозы старения и естественной убыли.

При управлении запасами важным элементом является расчет оптимального размера поставки: при малых запасах надежность обеспечения запасами мала, а большие запасы увеличивают стоимость складирования.

Затраты на материальные запасы складываются из стоимости самих материалов, затрат на их хранение, обслуживание и обеспечение.

При построении математической модели полагаем: величина запасов на складе — случайная величина, затраты на их обслуживание пропорциональны объемам запасов, затраты на хранение обратно пропорциональны объему продукции, затраты на обеспечение — случайная величина. Оптимальная величина запасов описывается зависимостью

$$v_{\text{опт}} = \sqrt{\lambda A / \alpha} + D, \quad (1)$$

где $D = \delta \sqrt{2} \operatorname{erf}^{-1} \left(2F_{\text{зад}} + \operatorname{erf} \left(\frac{v}{\delta \sqrt{2}} \right) - 2 \right)$; λ — интенсивность потребления заказов; A — стоимость подачи одного заказа; α — затраты на хранение; δ — среднеквадратичное отклонение реальных запасов от среднего значения; $F_{\text{зад}}$ — заданная величина вероятности обеспечения объемов запасов.

Из полученного соотношения видно, что оптимальная величина запаса прямо зависит от показателя затрат на обеспечение запасов, обратно — от затрат на хранение и увеличивается при повышении требований к вероятности обеспечения производственных потребностей запасом.

*М.М. Понаморёв, студ.; рук.С.В. Картавец, д.т.н., проф.
(МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ В НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ

Экономия топливно-энергетических ресурсов — важнейшая проблема, решению которой во всем мире уделяется большое внимание. Экономия природного газа в России на сегодняшний день является актуальной проблемой. По материалам статьи [1] в настоящее время для производства 1 т продукции черной металлургии требуется около 350 м^3 природного газа, что составляет до 30 % энергоемкости металлургической продукции. Эффективность применения природного газа определяется полнотой использования его многокомпонентного потенциала: теплоты и температуры горения, конверсионных, восстановительных и регенеративных возможностей.

Высокотемпературные теплотехнические процессы в черной металлургии требуют больших затрат топлива. Например, нагрев металла, производство которого в ЛПЦ-10 ОАО «ММК» составляет 5,5 млн т/год, является процессом, требующим $57,7 \text{ м}^3$ природного газа на тонну проката. Общий объем потребления природного газа при этом составляет 317 млн м^3 . Одним из способов снижения потребления топлива является химическая регенерация теплоты на базе пароводяной конверсии природного газа. При этом газ смешивается с водяным паром и подвергается конверсии при нагреве до температуры, равной примерно $800 \text{ }^\circ\text{C}$. В нагревательной металлургической печи температура отходящих дымовых газов составляет около $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, что позволяет осуществить химическую регенерацию.

Расчетами показано, что время нагрева заготовки в печи может сократиться на величину, достигающую 4 %. В результате расчетов установлено, что теплота сгорания продуктов химической регенерации будет составлять $44,6 \text{ МДж/м}^3$, а теплота сгорания природного газа Уренгойского месторождения составляет $35,4 \text{ МДж/м}^3$ [2]. В итоге химическая регенерация теоретически позволяет уменьшить расход природного газа на 25,5 % или снизить время пребывания заготовки в печи. Практический результат будет зависеть от качества топлива, степени совершенства установки и используемого оборудования.

Литература

1. **Петин С.Н.** Эффективное использование природного газа в черной металлургии / С.Н. Петин С.В. Картавец// Энергетики и металлурги настоящему и будущему России: Тезисы докладов 5-й Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и специалистов. Магнитогорск. 2004. С. 58—62.
2. **Картавец С.В.** Природный газ в восстановительной плавке. СВС и ЭХА: Монография. Магнитогорск: МГТУ, 2000. 188 с.

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА В ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Одной из главных задач на производстве является обеспечение воздушной среды, удобной для жизнедеятельности людей. В создании такой среды особое значение имеет вентиляция. Значение вентиляции особенно велико для производственных помещений. Ведь именно здесь зачастую находится опасное для здоровья оборудование, являющееся источником попадания в воздух ядовитых испарений и других вредных примесей.

Поскольку выделения вредных примесей чаще всего сопровождаются тепловыделением, то частицы загрязнений с потоком теплого воздуха поднимаются под потолок. Именно поэтому под потолками цехов находится зона с максимальными загрязнениями, а внизу — с минимальными. В связи с этим и вентиляция устроена чаще всего следующим образом: приток подается в рабочую зону, а вытяжка общеобменной вентиляции расположена под кровлей. Зачастую возникает необходимость обеспечения местной вентиляции, к которой относится, например, воздушный душ [1]. Вентиляция на производстве — это отдельная система, которая потребляет большое количество энергии. Велики и потери теплоты с вытяжным воздухом. Энергетические и экономические потери особенно ощутимы на тех предприятиях, которые работают круглосуточно.

Для увеличения энергетической и экономической эффективности был спроектирован энергосберегающий комплекс, который представляет собой следующую модификацию вентиляционной системы. В основной воздухопровод устанавливается турбина с большим числом оборотов, которая потребляет энергию только во время разгона, а в остальное время электрическую энергию генерирует. Эта энергия может быть направлена на питание основных насосов или другие нужды предприятия. Дополнительный эффект достигается от использования рупорного ветроуловителя, установленного на достаточной высоте над поверхностью земли. Энергия ветра позволяет дополнительно раскручивать турбину. В результате удастся снизить расходы на электроэнергию, затрачиваемую на привод вентиляторов, от 10 до 40 %. Срок окупаемости предлагаемой системы составляет от 6 месяцев до 2 лет.

Литература

1. **Системы** вентиляции и кондиционирования. Теория и практика / В.А. Ананьев, Л.Н. Балуева, А.Д. Гальперин и др. М.: Евроклимат, 2001.

М.В. Пророкова, асп.; Г.Н. Щербакова, инж.;
рук. В.В. Бухмиров, д.т.н., проф. (ИГЭУ, г. Иваново)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУХООБМЕНА ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

Основной задачей систем формирования микроклимата в помещениях жилых, общественных и административных зданий (отопления, вентиляции, кондиционирования) является поддержание на требуемом уровне параметров микроклимата: температуры, относительной влажности и подвижности воздуха — а также обеспечение качества воздуха, отвечающего требованиям нормативных документов, в частности ГОСТ 30494—96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

Выполнение в зданиях энергосберегающих мероприятий, направленных на сокращение потребления тепловой энергии на отопление (наложение тепловой изоляции на фасады здания, замена оконных блоков на ПВХ-стеклопакеты, утепление оконных и дверных проемов и т.д.), согласно экспериментальным исследованиям может повлечь ухудшение качества воздушной среды в зданиях с естественной вентиляцией, за счет снижения воздухообмена в помещениях при их герметизации и, как следствие, повышения концентрации углекислого газа в воздухе. Для предотвращения указанной проблемы необходимо на этапе разработки проекта энергосберегающего мероприятия решить задачу определения фактического воздухообмена помещений и сделать прогноз изменения воздухообмена после реализации энергосберегающего решения.

В Ивановском государственном энергетическом университете (ИГЭУ) разработана установка для измерения воздухопроницаемости ограждающих конструкций зданий, позволяющая в соответствии с ГОСТ 31167—2003 «Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях» экспериментально определять воздухообмен помещений. Серия экспериментов с использованием указанной установки подтвердила наличие проблемы ухудшения качества воздуха при внедрении энергосберегающих мероприятий, направленных на герметизацию здания.

Эксперимент по определению воздухообмена помещений с использованием разработанной в ИГЭУ установки достаточно трудоемок, и, следовательно, способствует удорожанию проектных работ при выполнении энергосберегающих мероприятий. В работе разрабатывается метод определения воздухообмена помещений на основе обобщения экспериментальных данных с использованием математического моделирования.

*С.А. Ручкина, А.Н. Новикова, студенты;
рук. В.А. Галковский, к.т.н., доц. (Филиал НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АККУМУЛЯТОРОВ ТЕПЛОТЫ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ ЗДАНИЙ

Энергосбережению в настоящее время придается особое значение в первую очередь в связи с ограниченным количеством природных ресурсов, а также в связи с набирающим обороты техногенным загрязнением окружающей среды, возникающим из-за выбросов в атмосферу больших объемов теплоты. Поэтому рациональное использование теплоты, удаляемой с отработавшим воздухом из системы вентиляции, становится актуальной проблемой.

В работе рассмотрена следующая технологическая схема. В здании работает общеобменная система вентиляции [1], которая удаляет из помещения отработавший воздух. Расход вытяжного воздуха составляет 2759,64 кг/ч, температура воздуха равна 19 °С. Воздух поступает в тепловой аккумулятор. Аккумулированная теплота может использоваться как для подогрева приточного наружного воздуха от температуры –25 °С до расчетной температуры –10,6 °С, что способствует уменьшению затрат энергии на работу дополнительных воздухоподогревателей, так и для получения высокопотенциальной энергии в теплонасосной установке мощностью 14,99 кВт [2].

Полученная высокопотенциальная энергия также может использоваться для подогрева расчетного расхода приточного воздуха до расчетной температуры –5,6 °С, а также для подогрева воды в системе горячего водоснабжения в количестве 5620,03 кг /сут.

Применение аккумуляторов теплоты позволяет решить проблему рационального использования тепловой энергии воздуха, удаляемого из здания вытяжной вентиляционной системой.

Литература

1. **Антимонов С.В., Соловых С.Ю., Василевская С.П.** Виды систем вентиляции и методика расчета воздухообмена в помещениях: Методические указания по курсу «Вентиляционные установки». Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. С. 9—12.

2. **Мазурова О.К.** Методические указания по расчету тепловых насосов для теплоснабжения. Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 2004. С. 14 — 18.

А.С. Сафронов, студ.; Д.А. Лапатеев, инж.; рук-ли В.К. Пыжов, к.т.н., проф.; Н.Н. Смирнов, доц. (ИГЭУ, г. Иваново)

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ЭФФЕКТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОСУШКИ ВОЗДУХА В ПРЕРЫВИСТОМ РЕЖИМЕ ОТОПЛЕНИЯ

Согласно СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» в холодный период года в отапливаемых помещениях общественных и административно-бытовых зданий в нерабочее время разрешается снижать температуру внутреннего воздуха ниже нормируемой, но не ниже 12 °С. Авторами [1] разработана методика по определению минимальной температуры внутреннего воздуха в дежурном режиме отопления при выполнении условия недопущения выпадения конденсата на внутренней поверхности стекла окна с повышенными теплозащитными свойствами. Тема актуальна, так как понижение температуры уменьшает затраты.

Целью данного исследования является определение энергосберегающего эффекта от применения дежурного отопления с использованием предварительной осушки воздуха в прерывистом режиме. Ставились задачи: построения процессов осушки воздуха в $h-d$ -диаграмме для каждого месяца года, разработки математической модели температурных полей внутри помещения. Исследование проведено на примере офисного помещения в г. Иваново. Для объекта разработана система кондиционирования воздуха. В работе рассматривается холодный период года, нерабочее время. Согласно СП 60.13330.2012 и СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» расчетная температура внутреннего воздуха в холодный период принимается 20 °С, относительная влажность – 30 %. Расчетные температура и относительная влажность наружного воздуха равны соответственно –30 °С и 84 %. Для разработки математической модели используется программный пакет *Comsol Multiphysics*, в котором применяется метод конечных элементов. Полученная модель позволяет анализировать изменения температуры при использовании прерывистого режима отопления.

Предложенная технология актуальна, поскольку позволяет экономить тепловую и электрическую энергию для поддержания требуемой температуры внутреннего воздуха. Результаты исследования могут быть применены для зданий любого назначения.

Литература

1. Энергосберегающий потенциал от использования теплоотражающих экранов с солнечными батареями в окнах для систем энергоснабжения зданий / В.М. Захаров, В.В. Тютиков, Н.Н. Смирнов и др. // Вестник ИГЭУ. Иваново: Иван. гос. энерг. ун-т, 2015. № 2. С. 5—14.

А.А. Сергеева, М.Н. Запарнюк, студенты; рук. С.В. Картавцев, д.т.н., проф. (МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДОВ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Одним из важнейших показателей эффективной работы предприятий черной металлургии является энергосбережение. Нормирование расходов топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) — это процедура установления значений удельных расходов топлива, электрической и тепловой энергии на единицу продукции, услуг или работ установленного качества в нормативных технологических процессах.

Основная задача нормирования потребления энергоресурсов заключается в формировании базы данных для анализа и контроля производственных процессов в части экономически обоснованного и наиболее эффективного использования ТЭР. Текущее нормирование «от достигнутого» основывается на произвольном проценте (например, сократить на 5 %) текущего уровня, отнесенного к произвольному периоду (обычно — год). При этом общее количество таких периодов, а также эффективность понижения нормы принципиально невозможно определить. Встает вопрос: до какого же уровня можно понизить затраты энергии без ухудшения качества конечного продукта?

Одним из решений проблемы является термодинамический анализ нормируемого процесса. Например, при исследовании известково-доломитового производства было установлено, что на процесс производства извести в термодинамически идеальных условиях требуется тепловая энергия в количестве 1020 кДж/кг извести. При этом в действующем производстве затраты энергии достигают 3800—4800 кДж/кг извести [1]. Из анализа видно, что затраты в действующем производстве, превышают необходимый минимум теплопотребления более чем в 4 раза, что свидетельствует о низкой эффективности использования энергоресурсов.

Для эффективного нормирования ТЭР необходимо, наряду со статистическим и аналитическим исследованиями, проводить термодинамический анализ, который является ключевым в научном обосновании нормирования расходов ТЭР. При нормировании от термодинамического минимума возможна прямая физическая оценка возможного интервала энергосбережения и пошагового распределения его на желаемый период, а также точная оценка эффективности каждого шага в каждом интервале.

Литература

1. **Исакович Г. А., Слущкин Ю.Б.** Экономия топливно-энергетических ресурсов в строительстве. М.: Стройиздат, 1988. 214 с.

А.В. Тарарыков, асп.; рук. А.Б. Гаряев, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОКАНАЛЬНОГО ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА НА ПРОЦЕСС ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА

Реакция паровой конверсии метана широко применяется в промышленности: в производстве аммиака и получении водорода, при термохимической регенерации теплоты отходящих газов.

Одним из важных направлений является создание микроканальных термохимических реакторов для проведения реакции паровой конверсии метана. На данный момент наблюдается нехватка данных об оптимальных характеристиках размерах элементов реакторов, позволяющих проводить процесс конверсии с высокой степенью завершенности.

Целью работы является изучение влияния геометрических размеров реакционного элемента термохимического реактора на степень завершенности процесса паровой конверсии метана.

Математическое описание процесса конверсии было сделано автором в магистерской диссертации. Модель дополнена соотношениями для расчета течения ламинарного потока реагирующей смеси.

Моделируемый химический реактор представляет собой полую трубу с цельной катализаторной вставкой. Зазор кольцевого канала варьировался в пределах 100 — 1400 мкм, длина реакционного элемента 0,01—0,05 м. Численное моделирование процесса паровой конверсии метана проводилось при следующих условиях: температура парогазовой смеси на входе — 600 °С, температура греющих дымовых газов — 1200 °С, соотношение пар:метан — 2:1.

Результаты подтверждают возможность получения степени конверсии, близкой к равновесному значению. Оптимальные значения зазора кольцевого канала находятся в пределах 100—400 мкм. Длину реакционного канала следует подбирать в зависимости от расхода реакционной смеси, исходя из расчетного времени пребывания в канале в пределах 10 — 30 мс.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки Р.Ф., государственное задание № 3.1519.2014/к.

А.С. Хлынин, соиск.; рук. О.В. Крюков, д.т.н., доц., гл. спец.
(АО «Гипрогазцентр», г. Н. Новгород)

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТУРБОКОМПРЕССОРАМИ

Стабильная и устойчивая работа электроприводных турбокомпрессоров (ЭТК) магистрального транспорта газа определяется совершенством алгоритмов управления при любых режимах и нагрузках [1, 2].

Экспериментальные исследования показали, что рациональное применение автоматизированного частотно-регулируемого электропривода (ЧРП) позволяет обеспечить высокие показатели производительности транспорта газа, энерго- и ресурсосбережения, повысить надежность и долговечность работы установок [3, 4]. Однако ЭТК магистральных газопроводов России функционируют в условиях стохастических возмущений, при которых многие технологические параметры значительно изменяются во времени [5]. Оптимизация параметров ЧРП ЭТК основана на статистических функциях распределения нагрузки конкретного агрегата и методе регрессионного анализа. Исследования с привлечением аппарата теории вероятности показали, что процесс нагружения ЧРП ЭТК и других установок газотранспортной системы распределен по закону Райса. Для приближенных задач оценки случайной нагрузки ЧРП ЭТК мощностью 4–25 МВт целесообразно использовать универсальные таблицы этих распределений.

В докладе рассмотрены примеры практической реализации регрессионных алгоритмов управления инвариантными системами ЭТК на ряде компрессорных станций ОАО «Газпром», что позволяет рекомендовать предложенные методы оптимизации ЭТК для дальнейшего использования на новых газопроводах.

Литература

1. **Энергосбережение** и автоматизация электрооборудования компрессорных станций: монография / А.Ф. Пужайло и др.; под ред. О.В. Крюкова. Н. Новгород: Вектор ТиС, 2010. 560 с.
2. **Крюков О.В., Степанов С.Е.** Повышение устойчивости работы электроприводов центробежных нагнетателей на компрессорных станциях ПАО «Газпром» // Газовая промышленность. 2014. № 8 (710). С. 50—56.
3. **Крюков О.В.** Частотное регулирование производительности электроприводных газоперекачивающих агрегатов // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2014. № 6. С. 39—43.
4. **Kryukov O.V.** Intelligent electric drives with IT algorithms // Automation and Remote Control. 2013. Т. 74. № 6. С. 1043—1048.
5. **Серебряков А.В., Крюков О.В.** Оптимизация управления автономными энергетическими установками в условиях стохастических возмущений // Промышленная энергетика. 2013. № 5. С. 45—49.

*Г.М. Цейзер, студ.; рук. О.С. Пташкина-Гирина, к.т.н., доц.
(ЮУрГАУ, г. Челябинск)*

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ В РАМКАХ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Теплоэнергетика является важнейшей составляющей энергетической отрасли нашей страны. Моральная и физическая изношенность существующих городских сетей центрального теплоснабжения ставит вопрос об их замене и поиске новых способов производства и распределения тепла. Поэтому в настоящее время модернизация отечественной системы теплоснабжения как никогда актуальна. Применение тепловых насосов в городской среде может послужить весомым вкладом в реализацию комплекса мер по решению данной проблемы.

Обычно тепловые насосы в нашей стране внедряются как устройства, отапливающие потребителей в частном жилом секторе, отдаленном от центрального теплоснабжения. Однако использование тепловых насосов для энергоснабжения городских потребителей также имеет свои преимущества. В данном случае в качестве источников низкопотенциального тепла целесообразно использовать сбросные и сточные воды промышленных предприятий, коммунальных сетей, бассейнов. Это позволит не только отапливать потребителей, но и утилизировать избытки тепла.

В работе приводится обзор заводов, фабрик, электростанций, коммунальных сетей, бассейнов и других объектов Челябинска, на которых существует возможность утилизации тепла и подготовки воды с помощью тепловых насосов, рассматриваются принципы осуществления технологий сбора и утилизации тепла. На основе полученных данных проведена экономическая оценка рассмотренных технологий, которая имеет значение для дальнейшего исследования и решения проблемы энергосбережения и улучшения экологии в городах средней полосы России.

Литература

1. **Хайнрих Г.** Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения. М.: Стройиздат, 1985.
2. **Филиппов С.П.** Перспективы применения тепловых насосов в России // Энергосовет. 2011. № 5(18).

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*

*Torsten Bark, Dipl.-Ing.; supervisor Horst Stopp, Dr-Ing.habil., prof.
(BTU, Cottbus, Germany)*

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО УТЕПЛЕНИЮ ФАСАДОВ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ ПРИ НАЛИЧИИ РЕШЕТЧАТОЙ КОНСТРУКЦИИ В НАРУЖНЫХ СТЕНАХ

Сохранение исторических построек подразумевает под собой также и их эксплуатацию. При этом важное значение приобретают фасады зданий исторических частей города, особенным образом передающие неповторимую задумку архитектора. Влияние времени, а также доиндустриальных методик строительства породило особые формы строительства зданий с деревянными решетчатыми элементами внутри стен. На первый взгляд обновленные и функциональные фасады зданий часто скрывают за собой встроенные косые деревянные перекрытия.

В таких случаях довольно часто встречаются тонкостенные конструкции, не отвечающие современным нормам теплоизоляции. В ходе работы были представлены результаты исследований влияния повышенной влажности воздуха внутри музейных помещений на различные части внешних строительных конструкций, а также предложены меры по повышению их энергетической эффективности, основанные на многочисленных расчетах и обработке данных, полученных при изучении температурного и влажностного воздействия на климат внутри помещения [1].

В одной из лабораторий старинного замка (г. Дребкау, земля Бранденбург, Германия, бывш. ГДР) были исследованы различные типы внутренней изоляции ограждающих конструкций. При одинаковых граничных условиях были исследованы диффузионно-открытые и антидиффузионные типы материалов. В ходе экспериментов по изучению защиты отдельных частей ограждающих конструкций были различным образом установлены системы внутреннего обогрева стен [2]. При помощи специальной наружной

опрыскивающей установки было исследовано влияние неблагоприятных погодных условий на штукатурку внешней стены. Цель исследований — изучить и оценить пагубное влияние переноса влажности на внутренние части деревянных перекрытий.

Литература

1. **Andrea Staar, Torsten Bark.** Mit Balkenauflagern schonend umgehen, in B+B Bauen im Bestand, Ausgabe 6.2015, Rudolph Müller Verlag, Köln, 2015.

2. **Peter Strangfeld, Andrea Staar.** Bautenschutz durch Energetische Sanierung — Energetische Ertüchtigung von Bestandsgebäuden mit Holzbauteilen, in: Bautenschutz. Innovative Sanierungslösungen, Beuth Verlag, Berlin, 2014.

*Andrea Staar, Dipl.-Ing.; Anna Malakhova, M. Eng.;
supervisor Horst Stopp, Dr-Ing.habil., prof. (BTU, Cottbus, Germany)*

INTERNAL INSULATION SYSTEMS OF HISTORIC BUILDINGS-STUDY OF THE BEAMS BEARING CONSTRUCTIONS IN THE OUTER PART OF WALL

When restoring old buildings the most important aspects are the preservation of its structures. This applies not only to cityscape defining elements, but also to building structures such as the beamed ceilings obtained from time of its construction. Being used sustainably and meeting all the modern comfort requirements, it is mostly supposed to use systems of internal insulation in buildings while renovation.

As the use of internal insulation systems for energy retrofit of simple parts of exterior walls was already well studied, there are still uncertainties regarding the heads of wooden beams in exterior wall constructions. Due to internal insulation, wooden beams are placed in a cold and humid environment. The questions relate to the resultant hygrothermal behaviour of the beam heads under different boundary conditions and renovation options. The last include: elimination of the inner insulation at the ceiling surface under the roof, creating a thermal bridge through the rim of the solid bricks, laying insulating material at the bearing element, installing heat pipes on both sides of the head of a wooden beam, installation of the heating systems and the systems of active heating ceilings at the ceiling structures. It was also investigated the influence of the flow of warm moist air to the cool area where the wooden beams [1].

Knowledges and results from hygrothermal long-term measurements on beam heads in four test houses, as well as the findings from numerical simulations are presented. Special attention is paid to the influence of driving rain, solar radiation and building moisture as well as to measures of reducing the damage risks, and also to heat release of the walling [2].

Литература

1. **Peter Strangfeld, Andrea Staar, Horst Stopp, Torsten Toepel.** Das hygrothermische Verhalten von Holzbalkenköpfen im innengedämmten Außenmauerwerk (2 Teile) in: Bausubstanz 2/2012 und 3/2012.

2. **Eva Anlauff, Andrea Staar.** Energetische Sanierung eines denkmalgeschützten Sandsteingebäudes mittels Innendämmung — Messergebnisse zum hygrothermischen Verhalten der Holzbalkenköpfe, in: BuFAS (Hrsg.): 25 Jahre Feuchte und Altbau-sanierung — Tagungsband der 25. Hanseatischen Sanierungstage. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart und Beuth Verlag, Berlin, 2014.

*А.А. Ашихмина, И.Д. Калякин, студенты; рук. И.А. Султангузин,
д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Около 40 % всей энергии, потребляемой в мире, используется в зданиях. Они являются основными потребителями энергии и главными источниками выбросов вредных веществ и парниковых газов. Современные тенденции и перспективы строительства и реконструкции зданий в первую очередь касаются рационального подхода к использованию энергетических ресурсов, комфортного микроклимата в помещениях и уменьшения влияния на окружающую среду. В связи с этим освоение энергоэффективных современных технологий сегодня является стратегической задачей, определяющей перспективы устойчивого развития нашей страны.

Целью данной работы является расчет энергетических нагрузок общественного здания, анализ и подбор современных установок, использующих возобновляемые источники энергии, и энергосберегающих технологий. Помимо этого, поставлена задача скомбинировать на их основе вариант максимально энергоэффективной системы здания.

Была разработана комплексная система энергоснабжения столовой лагерь МДЦ «АРТЕК» (включая отопление, горячее водоснабжение, вентиляцию и кондиционирование) на основе применения современных теплоизоляционных материалов, теплового насоса, солнечных коллекторов [1], установок рекуперации тепла сточных вод и воздуха приточно-вытяжной вентиляции, благодаря которым можно существенно сократить потребление энергии зданием.

На основе данного оборудования, подобранного под нагрузки, сниженные за счет теплоизоляции стен и крыши объекта, была смоделирована схема энергоснабжения здания, которая с точки зрения энергоэффективности и энергосбережения, экологической и энергетической безопасности превосходит существующую традиционную схему теплоснабжения [2].

Литература

1. **Даффи Дж., Бекман У.** Основы солнечной теплоэнергетики. Долгопрудный: ИД «Интеллект». 2013. 885 с.
2. **Сбор** исходной информации для разработки схем сетей тепло-, газо-, водо-, электроснабжения / Проектно-аналитический центр «ЛОРЕС». 2014. 92 с.

А.В. Бакулин, асп.; А.С. Черных, соиск.; рук-ли И.А. Султангузин, д.т.н., проф.; А.Ф. Прищепов, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА АДИАБАТИЧЕСКОЙ ВОЗДУШНО-АККУМУЛИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ

Для оценки возможности реализации воздушно-аккумулирующей электростанции (ВАЭС) в условиях энергетического рынка РФ представляется актуальным математическое моделирование различных схемных решений с разработкой возможных путей их оптимизации и повышения энергетической эффективности [1]. В результате предварительных исследований было установлено, что адиабатические ВАЭС имеют лучшие, в сравнении с газосжигающими, показатели эксергетического КПД и коэффициент возврата энергии. В связи с этим для оценки реальных параметров принято решение о разработке различных вариантов лабораторных установок, имитирующих работу ВАЭС.

В качестве рабочих схем лабораторного стенда рассматриваются следующие решения:

- установка с использованием сетевой воды для повышения потенциала срабатываемого на турбинном оборудовании воздуха;
- установка на основе трубчатых электронагревателей с пуском в две стадии.

Низкие мощности компрессоров обеспечивающие работу установки от бытовых источников электроэнергии, не позволяют оценить возможность полезного использования в качестве ВЭР выделяемого тепла компрессорного оборудования для аккумулирования тепловой энергии [2].

Разрабатываемая установка позволит оценить реальные энергетические показатели, провести оценку эффективности различных режимов работы для решения задачи оптимизации адиабатической ВАЭС и определения возможности интеграции крупных воздушно-аккумулирующих станций в энергетический сектор России.

Литература

1. **Ольховский Г.Г., Казарян В.А., Столяревский А.Я.** Воздушно-аккумулирующие газотурбинные электростанции (ВАГТЭ). М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. 360 с.

2. **Бекман Г., Гилли П.** Тепловое аккумулирование энергии: пер. с англ. М.: Мир, 1987. 272 с.

*А.В. Бакулин, асп. (НИУ «МЭИ»); А.С. Черных,
гл. инженер (ООО «ИНЖПРОГРУПП»);
рук. В.А. Карасевич, к.т.н., доц. (РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина)*

РАЗРАБОТКА ДЕТАНДЕРНОГО ЭЛЕКТРОАГРЕГАТА ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Современные технологические объекты системы газораспределения и газоснабжения оснащены электрооборудованием, для безотказной работы которого требуется надежный источник электроснабжения. Потребителями электроэнергии на данных объектах являются системы телеметрии, КИПиА, телемеханика запорной арматуры, системы электроосвещения и электрообогрева, станции электрохимической защиты от коррозии газопроводов.

В системах газораспределения и газоснабжения имеется возможность выработки электроэнергии детандер-генераторными агрегатами (ДГА) с использованием энергии потока газа, которая безвозвратно рассеивается при его редуцировании на ГРС или ГРП. В настоящее время широко известны разработки ДГА мощностью десятки и сотни киловатт, а также микротурбодетандерные генераторы мощностью доли киловатт. В силу конструктивных особенностей для их нормального функционирования требуется наличие газопровода с высокими величинами давления и расхода газа, что не всегда доступно, например, на ГРП в периоды малого отбора газа потребителями.

Анализ характеристик эксплуатируемого в газораспределительных организациях технологического электрооборудования показывает, что суммарная потребляемая мощность электроприемников на одном объекте в большинстве случаев составляет от 0,3 до 1 кВт.

Разработанный детандерный электроагрегат мощностью 1 кВт на базе индукторного генератора переменного тока с комбинированным возбуждением с приводом от роторного детандера позволяет вырабатывать электроэнергию при входном давлении газа от 0,08 МПа и расходе газа через агрегат до 100 м³/ч. Агрегат работает совместно с аккумуляторными батареями и имеет выходное напряжение номиналом 14 и 28 В постоянного тока и 230 В переменного тока частотой 50 Гц. Система регулирования и защиты обеспечивает надежную работу агрегата в автоматическом режиме без присутствия обслуживающего персонала.

Предлагаемое техническое решение позволяет обеспечить энергоэффективное и экологически чистое автономное электроснабжение и снизить затраты на приобретение электроэнергии.

*В.В. Беккер, М.Р. Дасаев, аспиранты; рук. А.В. Рыженков, к.т.н.
(НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМООБРАБОТКИ ПОЛЫХ МИКРОСФЕР, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, НА ИХ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ

Известно, что значительное влияние на тепловые потери оказывает качество тепловой изоляции. В современных условиях энергетика и промышленность РФ нуждаются в новых видах теплоизоляционных конструкций, позволяющих повысить эффективность использования теплоты [1].

Перспективным материалом для изготовления новых видов теплоизоляции являются микросферы, но на сегодняшний день их теплофизические свойства в полной мере не изучены.

В большинстве случаев применение термообработки влияет на структуру материалов, что приводит к изменению коэффициента теплопроводности [1].

В работе проведен анализ эффективности использования теплоизоляционных материалов и современного состояния систем теплоснабжения. Разработаны методики и экспериментальный стенд для проведения экспериментальных исследований по определению влияния температуры термообработки микросфер на коэффициент теплопроводности.

Экспериментальные исследования проводились на стеклянных, корундовых и алюмосиликатных микросферах. По результатам экспериментальных исследований было получено, что термообработка при 700 °С приводит к снижению на 31 % коэффициента теплопроводности микросфер марки Т и на 28 % алюмосиликатных микросфер марки 850i по сравнению с исходным, что свидетельствует об их эффективном применении в теплоизоляционных конструкциях высокотемпературных объектов.

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Соглашения № 14.574.21.0069 от 27 июня 2014 г. «Разработка гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции для повышения эффективности теплообменного оборудования и трубопроводов» (уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57414X0069).

Литература

1. **Соколов Е.Я.** Теплофикация и тепловые сети. М.: Издательство МЭИ, 2001.

Р.Б. Белов, асп.; рук-ли И.А. Султангузин, д.т.н., проф.;
С.Ю. Курзанов, к.т.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ПИНЧ-АНАЛИЗ ТЕПЛООБМЕННЫХ СИСТЕМ УСТАНОВОК ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МОТОРНОГО ТОПЛИВА

В результате энергетического обследования были составлены топливно-энергетические балансы (ТЭБ) нефте- и газоперерабатывающих предприятий. Анализ ТЭБ показал, что основные топливно-энергетические ресурсы (ТЭР) расходуются на процессы ректификации, потребляющие большое количество топливного газа, электроэнергии для процессов охлаждения, а также тепловой энергии в виде пара.

Цель работы — определение наиболее эффективных технологических схем на основе применения пинч-анализа к установкам первичной переработки нефти и газа.

Основными задачами данной работы являются построение математических моделей установок первичной переработки моторных топлив в программной среде Aspen HYSYS, сравнение полученных результатов с нормами технологического режима и результатами энергетического обследования, проведение пинч-анализа существующих теплообменных систем, разработка модернизированных технологических схем с целью получения наибольшей экономии ТЭР [1].

Предварительные результаты пинч-анализа установки моторных топлив (УМТ) газоперерабатывающего предприятия показали, что минимальный температурный перепад между горячими и холодными утилитами всей системы составляет 31,5 °С. За счет модернизации технологической схемы можно снизить этот перепад до 10 °С, в результате чего будет получена экономия топливного газа в размере 14,8 %, или 5,33 Гкал/ч. Срок окупаемости энергосберегающих мероприятий не превышает 3 лет.

Литература

1. Шомова Т.П., Белов Р.Б., Султангузин И.А., Курзанов С.Ю. Математическое моделирование процессов ректификации широкой фракции легких углеводородов и стабильного конденсата // 7-я Международная школа-семинар молодых ученых и специалистов «Энергосбережение — теория и практика»: сборник трудов в 2 т. М.: Издательский дом МЭИ, 2014. Т. 1. С. 208—214.

В.В. Бологова, асп.; рук. И.А. Султангузин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОГО СПОСОБА СУХОГО ТУШЕНИЯ КОКСА

В настоящее время в РФ производится около 30 млн т кокса в год [1], при этом затраты топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) составляют 3,5 млн т у.т. В то же время коксовые батареи — основной источник вторичных энергетических ресурсов (ВЭР). Наибольшие потери тепла на данном переделе происходят при тушении кокса [2]. На основе системного подхода был определен потенциал энергосбережения — 1,8 млн т у.т. (50 %) ТЭР. Это позволяет утверждать, что выполненная работа актуальна.

Целью работы являлся анализ и оценка возможностей повышения энергетической и экономической эффективности коксохимического производства (КХП) за счет использования нового метода повышения качества кокса на стадии сухого тушения (СТК) [3].

Применение нового способа сухого тушения кокса позволит:

- повысить показатель горячей прочности кокса на 6 %, что приведет к снижению расход кокса в доменной печи на 12,2 кг кокса на 1 т чугуна. При выплавке 6,3 млн т чугуна в год снижение расхода кокса составит 76,9 тыс. т кокса в год. При стоимости кокса 20 тыс. руб/т (данные на 01.10.2015) будет получен экономический эффект 1538 млн руб. в год;

- увеличить выход кокса из установок сухого тушения кокса (УСТК) на 1,04 % в результате осаждения углерода при термической реакции разложения метана в форткамере УСТК. При выдаче 3 млн. т кокса в год прирост выхода кокса составит 31 тыс. т кокса в год. Будет получен экономический эффект 620 млн руб. в год;

- повысить на 24,1 % выработку тепловой энергии в котле-утилизаторе (КУ) за счет использования тепловой энергии, получаемой от дожигания продуктов разложения метана в газовом тракте УСТК, что позволит увеличить выработку электроэнергии на 0,04 кВт·ч/кг кокса. Для УМК это составит около 120 млн кВт·ч/год. Будет получен экономический эффект 360 млн руб. в год.

Суммарный экономический эффект для УМК — 2,5 млрд руб.

Литература

1. **Ройзен Л.С.** Итоги конференции руководителей коксохимических предприятий РФ // Кокс и химия. 2014. № 9. С. 8—24.

2. **Мучник Д.А., Бабанин В.И.** Анализ состояния вопроса сухого тушения кокса (обзор) // Кокс и химия. 2011. № 2. С. 23—31.

3. **Бологова В.В., Султангузин И.А., Гюльмалиев А.М.** Об одном из способов повышения качества кокса в установке сухого тушения кокса // Кокс и химия. 2011. № 10. С. 12—17.

Д.С. Бычков, студ.; рук. Н.В. Калинин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГТУ РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУР НА ПРИМЕРЕ ТЭС «ДЖУБГА»

При проектировании ТЭС «Джубга» был принят вариант сооружения двух газотурбинных установок (ГТУ) типа LMS 100 PB фирмы General Electric (GE). Они выполнены по сложной термодинамической схеме с промежуточным отводом тепла от циклового воздуха компрессора. Заявленный производителем электрический КПД ГТУ равен 41,914 %, номинальная электрическая мощность каждого блока — 98,467 МВт.

В связи с ограниченным количеством исходных данных, полученных из официальных источников и из среды Internet, для определения эффективности элементов схем мы были вынуждены задаться некоторыми необходимыми значениями недостающих величин. Было проведено несколько проверочных расчетов с целью определения эффективности использования промежуточного охлаждения воздуха между компрессором низкого давления (КНД) и компрессором высокого давления (КВД), а также целесообразности использования теплового потенциала дымовых газов ГТУ.

При введении только промежуточного охлаждения воздуха при помощи интеркулера полезный эффект снижается из-за понижения температуры перед камерой сгорания (КС). Таким образом, появляется необходимость больших затрат топлива на подогрев входящего в КС охлажденного воздуха.

По проведенным расчетам схем ГТУ одной и той же модели, но с различием в наличии или отсутствии интеркулера, было выявлено следующее:

ГТУ без промежуточного охлаждения воздуха имеет КПД $\eta = 31,8 \%$;

ГТУ с интеркулером имеет КПД $\eta = 32 \%$ и, что немаловажно, тепловой потенциал дымовых газов равен 416 °С .

Используя продукты сгорания с данной температурой для регенеративного подогрева циклового воздуха, можно повысить технико-экономические показатели ГТУ. Для этого изменяется структурная схема турбины: между компрессором высокого давления (КВД) и камерой сгорания (КС) устанавливается воздушный теплообменник, в котором воздух подогревается за счет частичной утилизации теплоты уходящих газов. Таким образом, имеет место экономия топлива, сжигаемого для нагрева топливно-воздушной смеси в КС.

В результате данной модификации ГТУ коэффициент полезного действия стал равен 39,3 %.

А.А. Гордеев, студ.; рук-ли В.С. Глазов, к.т.н., доц.; Е.В. Жигулина, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПРОЦЕСС СЛОЖНОГО ТЕПЛООБМЕНА НА УЧАСТКЕ НАРУЖНОЕ ОГРАЖДЕНИЕ — ОТОПИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР

Ранее [1] было показано, что модель с сосредоточенными параметрами, описывающая теплообмен в зоне установки отопительного прибора (ОП), не в полной мере отвечает экспериментальным данным. Поэтому в программном комплексе PHOENICS была разработана модель с распределенными параметрами, которая учитывает трехмерный характер теплообмена в зоне сопряжения ОП с наружным ограждением, неизотермичность и геометрические особенности поверхностей.

На рис. 1 представлены результаты моделирования теплообмена в помещении с локальным источником теплоты. Видно, что на дополнительные потери помещения влияет не только поток от ОП к радиаторному участку (ЗУ), а и параметры тепловой завесы, образованной восходящим воздушным потоком от ОП.

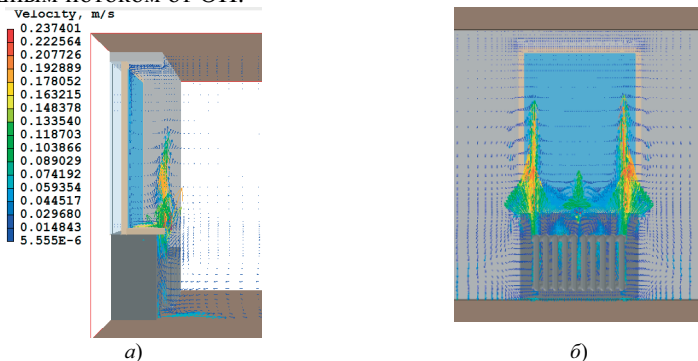


Рис. 1. Поле скорости в вертикальном сечении помещения у первой слева секции радиатора (а) и вдоль наружной стены (б)

Поэтому при определении дополнительных потерь необходимо учитывать не только наличие ОП у НО, а и восходящий воздушный поток от ОП, параметры которого могут заметно отличаться от параметров воздуха внутри помещения.

Литература

1. Алиев К.Б., Пурдин С.М., Глазов В.С. Сложный теплообмен в зоне сопряжения локального источника теплоты с наружным ограждением // Труды VI Российской национальной конференции по теплообмену. М.: Издательский дом МЭИ, 2014.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КОНДЕНСАЦИИ ЖИДКИХ СРЕД НА ОСНОВЕ МОДИФИКАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ

В энергетике конденсация паров в жидкое состояние происходит в основном на охлаждаемых поверхностях, причем при установившейся работе конденсационных устройств наблюдается пленочная конденсация пара, то есть конденсат смачивает теплообменную поверхность.

Одним из методов многократной интенсификации теплообменных процессов при конденсации жидких сред является перевод конденсации из пленочной в капельную. При капельной конденсации, в силу несмачиваемости охлаждаемой поверхности, образовавшиеся капли скатываются под действием сил тяжести или срываются потоком пара. Таким образом, в сравнении с пленочной конденсацией термическое сопротивление в виде пленки конденсата исчезает.

Наиболее перспективным методом перевода конденсации из пленочной в капельную является микро-/наноструктурирование функциональных поверхностей теплообменных аппаратов с использованием фемто-/наносекундных лазеров. Гидрофобизация поверхностей осуществляется структурированием микроранок на поверхности за счет воздействия отдельных импульсов лазерного излучения (рис. 1).

Анализ современной научнотехнической литературы показал, что характерные параметры гидрофобизации функциональных поверхностей при использовании лазерной абляции могут достигать очень высоких значений, в частности, угол смачивания может достигать 152° с углом скатывания около $3\text{--}4^\circ$.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что определение влияния изменения морфологии функциональных поверхностей с использованием лазерной абляции на теплообменные процессы при конденсации жидких сред представляется перспективной научно-технической задачей.

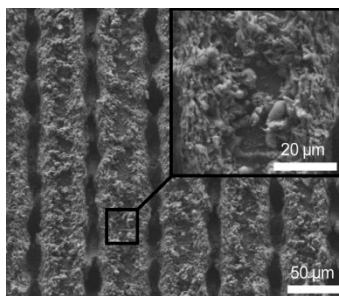


Рис. 1. Изображение поверхности текстурированной с использованием лазера, полученное с электронного микроскопа

Ю.К. Демин, Х.Н. Аловадинова, аспиранты; рук. С.В. Картавец,
д.т.н., проф. (МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

КРИТЕРИЙ ВЫБОРА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ В КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВКАХ

При построении теплоэнергетических систем часто возникает задача выбора охлаждающего теплоносителя. Однако часто теплоносители, отвечающие требованиям для заданной системы, обладают диаметрально противоположными, но в то же время одинаково ценными свойствами. Так, при построении замкнутых систем промежуточного охлаждения в компрессорных установках (КУ) общим требованием к теплоносителю является низкая температура затвердевания (ниже 0 °С). Данному требованию удовлетворяют такие теплоносители, как: сплавы Na-K с 77,2 % и 75 % K, гидротерм, фенилдифеноксикрезоксилан (ФДФКС), тетра-м-крезоксилан (ТКС), дифеноксидикрезоксилан (ДФДКС). При этом сплав с 77,2% K обладает наименьшей кинематической вязкостью, но в то же время и наименьшей теплоемкостью; теплоемкость гидротерма, ФДФКС, ТКС и ДФДКС больше, но у них больше кинематическая вязкость, а теплопроводность в разы меньше теплопроводности жидких металлов. Следовательно, возникает задача создания критерия, позволяющего однозначно выбрать наилучший теплоноситель для заданных условий. Так, задачей теплообмена при условии дальнейшего использования отведенной теплоты является получение наибольшего теплового потенциала при наименьших затратах. При одинаковой мощности теплового потока тепловым потенциалом является средняя температура теплоотвода, а в качестве затрат выступает работа на циркуляцию теплоносителя. Для сопоставления данных разнородных величин логичным является использование эксергетического анализа. Следовательно, критерий подбора — это отношение эксергий отведенной теплоты и идущей на циркуляцию.

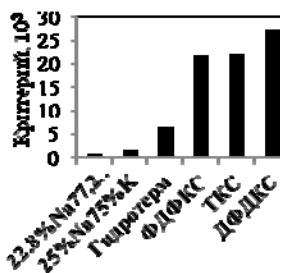


Рис. 1. Критерий подбора теплоносителя

Значения предложенного критерия для КУ (при условии что теплоноситель течет по трубе диаметром 20 мм, температура на входе и выходе теплоносителя 20 и 100 °С, температура окружающей среды 20 °С, мощность теплового потока 0,1 МВт и с учетом участка охлаждения теплоносителя), представлены на рис. 1.

Таким образом, данный критерий среди множества теплоносителей позволяет выбрать наилучший для данных условий.

О.В. Еремин, студ.; рук. А.Я. Шелгинский, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО КОТТЕДЖА НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНОЙ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

Одним из эффективных решений проблемы снижения затрат на отопление, горячее водоснабжение, электроэнергию является использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Новые источники энергии позволяют не только экономить органическое топливо, но и улучшить экологическое состояние за счет уменьшения вредных выбросов [1]. Перспективность использования солнечной теплонасосной установки рассматривается на примере работы в течение года системы децентрализованного теплохладоснабжения двухэтажного коттеджа, находящегося в городе Сочи. Анализируются основные преимущества и недостатки использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Определяются тепловые нагрузки на отопление и горячее водоснабжение жилого коттеджа. На основе полученных результатов для наиболее холодного и теплого периодов года производится расчет основных элементов солнечной установки: необходимая площадь солнечного коллектора, мощность теплонасосной установки, емкость бака-аккумулятора для обеспечения теплотой потребителей ГВС в отсутствие солнечной радиации. В результате проведенного расчета выявлено, что способность коллектора зарядить бак-аккумулятор в зимний период значительно ниже, чем в летний. Это происходит из-за недостаточности солнечной радиации в зимний период и относительно больших тепловых потерь коллектора. Для дозарядки бака-аккумулятора необходим дополнительный источник теплоты — резервный газовый котел. Для снижения тепловых потерь коллектора, а следовательно, увеличения его теплопроизводительности необходимо снизить температуру его поверхности. Это становится возможным, если в качестве теплоносителя использовать вещество с более низкой температурой замерзания (например, антифризы) [2].

Из вышеизложенного следует, что использование в зимнее время коллекторов менее эффективно, чем в летнее, так как необходима большая коллекторная площадь или дополнительные затраты на органическое топливо. На сегодняшний день тема остается актуальной и перспективной, так как энергосберегающие «солнечные» дома в современном мире становятся источником экономии ТЭР.

Литература

1. **Энергетика** России: взгляд в будущее (Обосновывающие материалы к Энергетической стратегии России на период до 2030 года). М.: ИД «Энергия», 2010. 616 с.
2. **Энергосбережение** в теплоэнергетике и теплотехнологиях / О.Л. Данилов, А.Б. Гаряев, И.В. Яковлев и др. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. 424 с.

*Ю.Д. Золотарева, студ.; рук. Ю.В. Яворовский, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОРПУСОВ «К», «И», «Ж» НИУ «МЭИ»

На первом этапе разработки системы кондиционирования определяется назначение помещений и рассчитывается нагрузка на кондиционирование здания. Корпуса «К», «И», «Ж», «З» находятся в одном шестиэтажном здании, которое расположено напротив главного корпуса НИУ «МЭИ». Помещения можно разделить на несколько категорий, среди которых присутствуют в основном офисные и учебные помещения. Общая площадь всех помещений составляет 16 109 м². В результате предварительных расчетов были определены нагрузки на кондиционирование: корпус «И» — 267 кВт, корпус «К» — 517 кВт, корпус «Ж» — 523 кВт. В расчетах учитывалось количество людей, находящихся в помещениях в рабочее время, теплота, поступающая от освещения и оборудования, ориентация здания по сторонам света.

На следующем этапе работ был проведен выбор системы кондиционирования. Поскольку здание находится в центре города Москвы и фасад является частью культурного облика нашего города, после ремонта все наружные блоки были демонтированы. Классические сплит-системы не могут рассматриваться по этой причине. Выбор осуществляется между VRV-системой и центральным кондиционером (чиллер). Обе эти системы в наше время широко используются и имеют как положительные, так и отрицательные стороны. Выбор схемы системы кондиционирования был проведен по нескольким характеристикам: капитальные и эксплуатационные затраты, удобство расположения оборудования и его обслуживания, показатели энергетической эффективности. Стоимость трех наружных блоков VRV-системы для рассматриваемого здания составляет около 500 000 евро. В варианте с использованием центрального кондиционера возможно применение разного количества холодильных машин. Если для каждого корпуса установить отдельную холодильную машину, то суммарная стоимость составит порядка 300 000 евро, а стоимость одного блока на 1,3 МВт составит порядка 360 000 евро.

На завершающем этапе работ была выполнена разработка системы кондиционирования с помощью программного комплекса MagiCad. Этот программный комплекс позволяет представить систему кондиционирования в виде 3D модели, выполнить все необходимые расчеты (теплотехнический, гидравлический и технико-экономический), подготовить практически всю необходимую проектную документацию.

Т.С. Иванова, студ.; рук. Ю.В. Яворовский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ РЕКОНСТРУИРУЕМОГО РАЙОНА «ДАНИЛОВСКИЙ» г. МОСКВЫ

Согласно проекту схемы теплоснабжения г. Москвы до 2028 г., правительство Москвы предлагает вывести из эксплуатации ТЭЦ «АМО-ЗИЛ» к отопительному периоду 2017/2018 гг. Оборудование данной ТЭЦ физически изношено, установленная электрическая мощность составляет 125 МВт, а тепловая — 659,4 МВт.

ТЭЦ «АМО-ЗИЛ» снабжает тепловой энергией потребителей жилого сектора района «Даниловский». В связи с выводом из эксплуатации этой ТЭЦ возникает необходимость переключения тепловых потребителей на близлежащие тепловые станции: ТЭЦ № 8, ТЭЦ № 9 ПАО «Мосэнерго» и ТЭЦ ОАО «ВТИ». Одновременно планируется реконструкция магистральной тепловой сети, а также строительство магистральной тепловой сети до территории перспективной застройки реорганизуемой промышленной зоны завода ЗИЛ.

В данной работе была проведена оценка планируемых тепловых нагрузок района. Расчетная тепловая нагрузка района составит около 838 МВт. Был проведен анализ технического состояния, возможности и целесообразности проведения реконструкции существующих источников теплоснабжения. Проведен расчет гидравлических режимов тепловых сетей при различных вариантах переключения тепловых нагрузок потребителей на близлежащие тепловые станции с целью определения необходимых диаметров трубопроводов, пропускной способности существующих тепловых сетей и давлений в различных точках сети.

Альтернативным вариантом является сооружение новых источников теплоснабжения. В качестве таких источников могут быть использованы водогрейные котельные различной мощности или комбинированные источники тепловой и электрической энергии (газопоршневые, газотурбинные, паротурбинные или парогазовые ТЭЦ).

Были проведены расчет технико-экономических показателей и анализ различных вариантов модернизации системы теплоснабжения, по итогам которых можно дать заключение о том, что наилучшим вариантом является использование схемы централизованного теплоснабжения с реконструкцией существующих источников теплоснабжения.

П.А. Илющенко, студ.; Д.Р. Ситдиков, асс.;
рук. Н.А. Логинова, к.т.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ КОНСТРУКЦИИ

Обеспечить показатели роста, определенные Энергетической стратегией России, возможно только при замене оборудования, исчерпавшего свой ресурс, на современные котлы и оборудование, работающее на суперсверхкритических параметрах пара (температура до 700 °С и давление до 380 бар), обеспечивающее прирост КПД до 10 % и снижение вредных выбросов в атмосферу до 15 % [1]. Для обеспечения тепловой защиты оборудования, эксплуатирующегося при температурах до 700 °С, требуются материалы с уникальными свойствами по большому спектру показателей: теплопроводности, теплостойкости, плотности, прочностным характеристикам.

К таким материалам относятся принципиально новые теплоизоляционные материалы, создаваемые на основе сотовой конструкции из стеклоткани с наполнителем в виде стеклянных вакуумированных микросфер. В целях определения эффективности использования этих материалов для изоляции высокотемпературных объектов были проведены исследования процесса теплообмена в структуре сотовой конструкции заполненной микросферами. Исследования проводились с использованием программного продукта COMSOL Multiphysics на основе модуля Heat Transfer при помощи математического моделирования процесса теплообмена. Путем задания граничных условий было определено влияние лучистой составляющей на процесс теплообмена в теплоизоляционной конструкции. Для снижения этого влияния внутреннее пространство теплоизоляционной конструкции последовательно заполнялось микросферами до момента достижения нормативной температуры на холодной стенке, равной 55 °С [2]. На заключительном этапе математического моделирования был определен эффективный коэффициент теплопроводности теплоизоляционной конструкции в зависимости от толщины стенки материала, который составил 0,05 Вт/(м·К).

Работа проводилась при финансовой поддержке Минобрнауки в рамках Соглашения № 14.577.21.0119 от 20 октября 2014 г. (уникальный идентификатор ПНИ RFMEFI57714X0119).

Литература

1. **Сверхкритические** и суперсверхкритические параметры в электроэнергетике: интервью Rana Bose журналу Velan View // Valve View, Spring, 2012.
2. **Тепловая** изоляция оборудования и трубопроводов. СП 61.13330.2012. Дата введения 2013-01-01.

*Л.Х. Исянгильдина, студ.; рук-ли Ю.К. Демин, асп.;
С.В. Картавцев, д.т.н., проф. (МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ КАК ГОРЯЧЕГО ИСТОЧНИКА ДЛЯ ТЕПЛОИСПОЛЬЗУЮЩИХ АГРЕГАТОВ

Повышение цен на энергетические ресурсы, такие как газ и нефть, увеличивает себестоимость конечного продукта. Следовательно, появляется задача эффективного и полного использования потенциала сжигаемого топлива.

В промышленности нашли широкое применение разнообразные теплоиспользующие агрегаты, работающие на теплоте дымовых газов, образующихся при сжигании разнообразных топлив. При этом необходимая температура газов на входе в агрегат часто значительно ниже, чем температура горения используемого топлива. Для понижения температуры до требуемой дымовые газы разбавляют холодным воздухом, в результате чего теряется исходный температурный потенциал и растут потери теплоты с выходящими дымовыми газами.

Возможным решением данной проблемы является подача продуктов горения в газовую турбину (ГТ) с последующей генерацией электрической энергии. Отдав часть своей теплоты дымовые газы охлаждаются до заданной температуры и затем поступают в печь. При этом сокращается объем образующихся газов, а следовательно, и потери теплоты на выходе из агрегата. Кроме того, появляется возможность собственной генерации электрической энергии.

Оценка эффекта от применения ГТ показала, что при температуре дымовых газов на входе в теплоиспользующий агрегат выше 550 °С, можно сэкономить значительную долю расходуемого топлива по сравнению с отдельной генерацией электроэнергии на удаленной электростанции и понижением температуры дымовых газов за счет разбавления их холодным воздухом. Так, закалка стекла происходит в печи с температурой не менее 600 °С, экономия при этом составит до 12,5 % общих затрат топлива на агрегат и генерацию электрической энергии; в случае колпаковой печи с температурой около 850 °С экономия достигает 60 %, в печах для термической обработки сортового проката температура в среднем изменяется от 780 до 900 °С, при этом экономия составляет от 49 до 67 %.

Таким образом, применение перед теплоиспользующими агрегатами ГТ приводит к значительной экономии топлива.

*Н.С. Калмыкова, В.Н. Мурашова, студенты;
рук-ли Ю.К. Демин, асп.; С.В. Картавец, д.т.н., проф.
(МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

ВЫБОР РАБОЧЕГО ТЕЛА ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ОТ МНЛЗ

Производство стали в мире неуклонно растет, при этом более 90 % этой стали разливается на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). В ходе разливки теряется около 840 МДж/т тепловой энергии в виде низкопотенциальной теплоты нагретой воды и влажного пара с температурой до 100 °С.

Была предложена выработка электрической энергии, использующая тепловыделение МНЛЗ, по органическому циклу Ренкина (ORC) [1]. При этом возникает задача подбора такого низкокипящего рабочего тела, которое бы обеспечивало максимальную эффективность генерации электроэнергии. Для этого был рассчитан КПД ORC (на тепловыделении от МНЛЗ), при температурном уровне 100 °С. Результаты расчета представлены на рис. 1.

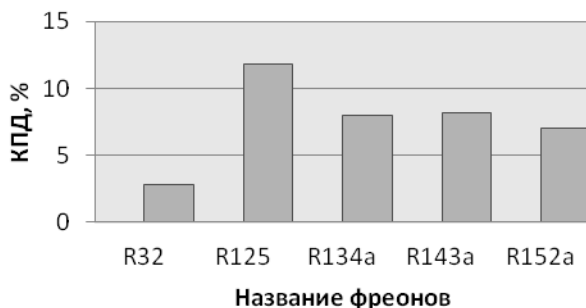


Рис. 1. Значение КПД ORC в зависимости от типа рабочего тела

Из рис. 1 видно, что из числа рассмотренных низкокипящих рабочих тел наивысшая эффективность ORC достигается при использовании фреона R125, при этом появляется возможность генерации около 27,5 кВт·ч электрической энергии на каждую тонну разливаемой стали

Литература

1. **Генерация** электрической энергии на тепловыделении от машины непрерывного литья заготовок / Ю.К. Демин, Н.С. Калмыкова, В.Н. Мурашова, С.В. Картавец // Материалы 16-й Всерос. науч.-практ. конф. «Энергетики и металлургии настоящему и будущему России». Магнитогорск: МГТУ, 2015. С. 114—116.

*Л.А. Кашипова, асп.; А.И. Фаздалова, студ.;
рук. Л.В. Плотникова, к.т.н., доц. (КГЭУ, г. Казань)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СХЕМ РЕКУПЕРАЦИИ ВЭР НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА

Промышленные предприятия характеризуются значительными потерями энергии, в частности, в виде так называемых вторичных энергетических ресурсов (ВЭР). Перспективным направлением повышения энергоэффективности таких производств является организация систем рекуперации вторичной энергии [1].

Для выбора наиболее эффективной системы утилизации ВЭР необходимо использовать актуальные методики анализа. Такими методиками являются структурный и термодинамический анализ. В комплексе они представляют вариацию системного анализа [2].

Существующая на настоящий момент методика организации систем рекуперации вторичных энергоресурсов для технологических схем производств позволяет выбирать один вариант модернизации схемы с учетом определенных критериев. Однако данные критерии неоднозначны. Важно соотносить планируемые к рекуперации потоки с возможностью их «принятия» в «слабом месте».

Предлагается разработать методику моделирования энергоэффективных схем рекуперации ВЭР с реализацией ее в виде единого программного продукта, включающего соподчиненно связанные друг с другом структурный анализ и расчетную составляющую методики оценки энергоэффективности и оптимизации промышленных технологических схем, включающую термодинамический анализ с расчетом эксергетической эффективности.

Реализация методики оптимизационного моделирования энергоэффективных схем рекуперации ВЭР на основе системного анализа в едином программном продукте позволит осуществить перебор различных вариантов схем рекуперации, выявить оптимальный энергоэффективный вариант и, ориентируясь на полученные результаты, уточнить критерии (ввести новые коэффициенты, соотношения) выбора варианта модернизации.

Литература

1. **Назмеев Ю.Г., Конахина И.А.** Теплоэнергетические системы и энергобалансы промышленных предприятий: учебное пособие для студентов вузов. М.: Издательство МЭИ, 2002. 407 с.
2. **Спицнадель В. Н.** Основы системного анализа: учебное пособие. СПб.: Издательский дом «Бизнес-пресса», 2000. 208 с.

П.А. Королёва, студ.; рук. Н.А. Логинова, к.т.н., с.н.с. (НИУ «МЭИ»)

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ НАГРУЗОК НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ

В последнее время на отечественном рынке появились принципиально новые теплоизоляционные материалы, создаваемые с использованием полых микросфер и различного рода связующих, так называемые тонкопленочные теплоизоляционные покрытия (ТПП), но пока что теплофизические свойства этих материалов не изучены в полной мере [1].

В большинстве случаев при оценке теплопроводности теплоизолирующего материала не учитывается воздействие механических характеристик, в том числе вибрационных нагрузок, влияющих на потери теплоты при эксплуатации теплоизоляционных конструкций. Конкретных зависимостей воздействия вибрации на теплоизолирующие свойства ТПП в технической литературе также не выявлено.

С целью проверки способности ТПП противостоять разрушающему действию вибрации и сохранять свои теплоизолирующие свойства после ее воздействия были проведены испытания на вибропрочность. Результаты испытаний свидетельствуют о высокой виброустойчивости (при частоте 100 Гц и амплитуде перемещения не менее 0,5 мм) ТПП на базе полых стеклянных микросфер с алюмофосфатным связующим и о неизменности коэффициента теплопроводности до и после воздействия вибрационной нагрузки ($\lambda = 0,05$ Вт/(м·°С)), что свидетельствует об эффективности их использования в целях снижения тепловых потерь с поверхностями трубопроводов и оборудования, подверженных вибрационным нагрузкам.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Соглашения о предоставлении субсидии «Разработка новой теплоизоляционной конструкции для защиты оборудования, эксплуатирующегося при температурах до 700 °С» № 14.577.21.0119 от 20.10.2014 г. (уникальный идентификационный номер RFMEFI57714X0119).

Литература

1. Рыженков В.А., Логинова Н.А., Прищепов А.Ф. Эффективность тонкопленочных теплоизоляционных покрытий // Надежность и безопасность энергетики. 2012. Т. 2. № 17. С. 61—63.

В.Н. Кривоконь, И.И. Ильяшенко, студенты.; рук-ли Е.В. Жигулина, к.т.н., доц.; В.Г. Хромченков, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

О ВОЗМОЖНЫХ СПОСОБАХ МОДЕРНИЗАЦИИ ТОПЛИВНЫХ ХОЗЯЙСТВ ТЭС ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ИХ ЭНЕРГОЕМКОСТИ

Одним из перспективных направлений повышения энергоэффективности тепловых электрических станций (ТЭС) является модернизация топливного хозяйства. Абсолютное большинство ТЭС в европейской части России работает на природном газе. Однако в качестве резервного топлива обычно используется мазут, который имеет целый ряд недостатков: дорогостоящее содержание мазутного хозяйства, снижение КИТ котельных установок, отложение продуктов горения на поверхностях теплообмена и др.

В работе представлены оригинальные схемы реконструкции существующих топливных хозяйств 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 ДГА. Такое техническое решение позволяет производить дополнительную электроэнергию и глубоко охлаждать газ. Проведено моделирование процесса расширения природного газа двух составов с различным содержанием высококипящих фракций в программном комплексе ASPEN PLUS. Для примера взяты данные о расходе и размере запаса резервного топлива на ТЭЦ-23 г. Москвы. Исследование показало, что при расширении газа из газопровода Кумертау-Ишимбай-Магнитогорск конденсируется около 2,5 % массы, что позволяет накопить необходимый запас резервного топлива за 9 месяцев работы ТЭС. Расчеты показали, что данная схема может применяться только при использовании природного газа со значительным содержанием высококипящих фракций (более 4—6 %). Однако для «московского» газа, с содержанием метана 98 %, выход конденсата при таких параметрах возможен только при предварительном охлаждении. Проведены исследования зависимостей выхода конденсата и выработки электроэнергии от начальных параметров потока. Для оценки целесообразности перехода на сжиженный природный газ в качестве резервного топлива необходимо провести дальнейшие исследования, выполнить техническую проработку и технико-экономическое обоснование.

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.

*Д.И. Кузьминых, студ.; рук-ли Е.В. Жигулина, к.т.н., доц.;
В.Г. Хромченков, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)*

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ СКЛАДСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Работа посвящена расчету системы отопления складского комплекса, принадлежащего одной из фирм в г. Мытищи и представляющего собой три складских корпуса и одно небольшое административное здание. Тепло поставляется от внешней котельной по температурному графику 95/70 °С. У потребителя и поставщика тепла возникли разногласия по количеству поставляемого тепла на отопление. В отопительный период при понижении температуры наружного воздуха температура внутри складов существенно снижалась ниже расчетных значений (12 °С), что неоднократно приводило к порче продукции.

Целью данной работы является выявление причин снижения температуры внутри помещений комплекса. В этой связи был проведен расчет необходимого количества тепла для отопления данного складского комплекса, а также определен расчетный расход теплоносителя и проведено сравнение полученных значений с измеренными данными.

Два из рассматриваемых корпусов сделаны из сэндвич-панелей ППУ, один — из пустотелых стеклоблоков. Административное здание построено из кирпичей и имеет окна из стеклопакетов. Нагрузка, связанная с работой системы горячего водоснабжения, покрывается за счет электрических нагревателей.

Расчеты по определению максимального (расчетного) расхода тепла на отопление зданий выполнялись по двум методикам: с использованием удельной отопительной характеристики и объема зданий и в соответствии с теплотехническими расчетами конструктивной оболочки зданий (СНиП 23-02-2003).

Проведенные по этим методикам расчеты показали, что близкие значения удельной отопительной характеристики зданий (0,91 и 0,95 Вт/(м³·°С)) были получены для здания, построенного из пустотелых стеклоблоков. Для зданий, сделанных из сэндвич-панелей ППУ, значения удельной отопительной характеристики составили 0,28 Вт/(м³·°С).

Расчеты показали, что суммарная расчетная отопительная нагрузка для всех корпусов склада составляет 1,497 МВт. Соответственно, расчетный расход теплоносителя должен быть 51,3 м³/ч. Фактический же его расход не превышал 10,0 м³/ч, что и приводило к недопоставке тепла и низким температурам внутри складских помещений.

*В.И. Кульванова, студ.; рук-ли В.Г. Хромченков, ст. преп.;
Е.В. Жигулина, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

КОМПРИМИРОВАНИЕ ПАРА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ В ТУРБОКОМПРЕССОРАХ

Рациональное построение теплоэнергетической системы промышленного предприятия предполагает вовлечение в производство различных внутренних энергетических ресурсов, не используемых по тем или иным причинам в настоящее время. Одним из таких ресурсов является пар низкого давления (0,1—0,3 МПа), который образуется, как правило, в результате технологических процессов или в результате работы систем испарительного охлаждения технологических установок. Суммарный расход такого пара, часто не находящего себе места в тепловом балансе предприятия, составляет многие десятки тонн пара в час.

Использовать тепловой потенциал пара низкого давления можно, повысив давление пара до требуемых значений, например, в турбокомпрессоре с последующей его подачей в паровую систему предприятия или с использованием в локальной энерготехнологической системе.

Авторами были проведены расчетные исследования по определению энергетической эффективности повышения давления пара в турбокомпрессоре в широком диапазоне давлений до и после его компримирования. В результате была построена номограмма, по которой можно быстро определить величину экономии топлива за счет компримирования пара по сравнению с традиционным способом получения тепла в котельной или ТЭЦ. В последнем случае учитывались потери топлива из-за снижения доли комбинированной выработки электроэнергии и тепла.

Проведенные расчеты по определению коэффициента трансформации тепла при компримировании пара показали, что его величина существенно выше, чем у тепловых насосов, достигает значений 6—8 и более и в первую очередь зависит от степени сжатия пара и практически не зависит от начального его давления.

Была предложена и проанализирована схема «паровой компрессор — паровая турбина» при различных давлениях пара перед компрессором и различных степенях сжатия пара для конденсационных турбин и турбин с противодавлением. Расчеты эксергетического КПД (η_b) показали большую энергетическую эффективность предлагаемой схемы. Значения η_b составили 0,85—0,86. В случае установки противодавленческой турбины эксергетический КПД возрастает до 0,95.

*А.С. Малахова, соиск.; рук. Хорст Штопп, д.т.н., проф.
(БТУ, Котбус, Германия)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТНУ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРЕСНОЙ ВОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ВОДОЕМА В КАЧЕСТВЕ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

Использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии становится приоритетным для многих стран мира и продолжает непрерывно расти с каждым годом. Теплонасосные установки получили широкое распространение по всему миру, особенно в странах Европы, как экологически безопасный и экономичный способ получения энергии для отопления и охлаждения зданий. На сегодняшний день наиболее распространенным источником низкопотенциальной энергии для ТНУ служит грунт и грунтовые воды [1]. Одним из альтернативных, однако весьма малораспространенных источников природной энергии является энергия воды пресных водоемов.

В докладе представлены результаты расчетов коэффициента трансформации тепла теплового насоса типа «вода—вода», снабжающего энергией один из домов на воде Лужицкого озерного комплекса (земли Бранденбург и Саксония, Германия). В качестве контура с солевым раствором теплового насоса выступают два подводных теплообменника различной формы, поочередно подключающиеся в общую схему. Рассматриваются результаты исследования влияния формы двух различных подводных теплообменников на коэффициент трансформации тепла теплового насоса в зависимости от температуры наружного воздуха с января по октябрь 2015 г. Проведено сравнение полученных результатов.

Тема доклада приобретает актуальность не только в силу рассмотрения теплового насоса как локального источника тепловой энергии, использующего возобновляемые природные ресурсы, но и в силу упоминания принципиально инновационного направления науки, активно развивающегося в таких странах Европы, как Нидерланды, Франция и Германия — строительство зданий и сооружений на воде [2].

Литература

1. **Horst Stopp, Peter Strangfeld.** Schwimmende Wohnbauten: Grundlagen (Beuth Praxis), Juni 2012.
2. **Dipl.-Ing. Stefan Sobotta.** Praxis Wärmepumpe: Technik, Planung, Installation (Beuth Praxis), Februar 2015.

А.С. Маленков, асп.; рук. А.Я. Шелгинский, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ РАСЧЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ

Создание энергоэффективных систем теплохладоснабжения является сложной научной и практической задачей. Перспективность создания таких систем с применением абсорбционных холодильных машин (АБХМ) и использованием вторичных энергоресурсов (ВЭР) уже была показана [1]. Техническая реализация предлагаемых решений предполагается в виде теплохладопункта (ТХП), представляющего из себя когенерационную систему, обеспечивающую потребителя теплотой и холодом за счет утилизации теплоты ВЭР.

Важным этапом в процессе создания любой сложной технологической системы является построение ее математической модели. Сейчас существует большое количество программных комплексов, позволяющих проводить моделирование энергетических систем. Проводилось моделирование отдельных частей систем теплохладоснабжения [2]. В работе рассматриваются математические модели ТХП, включающие в себя модель бромистолитиевой АБХМ, интегрированной в структуру теплового пункта с одноступенчатым параллельным подключением подогревателей горячего водоснабжения, разработанные в комплексах Thermoflex и Aspen Plus. Эти модели позволяют рассчитывать стационарные состояния системы, этого достаточно для определения всех необходимых характеристик для рассматриваемых режимов работы.

Проводится сравнение полученных данных для базовых режимов работы ТХП с расчетами, выполненными без использования систем моделирования, и их верификация.

Таким образом, показана перспективность использования современных расчетных комплексов при моделировании систем теплохладоснабжения.

Литература

1. Шелгинский А.Я., Маленков А.С. Когенерационные системы на основе ВЭР в производстве минеральных удобрений. // Промышленная энергетика. 2014. № 7. С. 32—37.

2. **Modeling** water/lithium bromide absorption chillers in ASPEN Plus / C. Somers, A. Mortazavi, Y. Hwang et al. // Applied Energy 88 (2011) 4197—4205.

*Д.С. Михайловский, студ.; А.С. Маленков, асп.;
рук. А.Я. Шелгинский, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

УТИЛИЗАЦИЯ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВЭР

В настоящее время большое внимание уделяется проблеме утилизации сточных вод промышленных предприятий. Актуальным является применение термического обессоливания для утилизации сточных вод при наличии на промышленном предприятии избыточных или не находящихся применения в других технологических процессах тепловых ВЭР [1]. В этом случае находят применение установки мгновенного испарения, так как они могут использовать для работы низкопотенциальные тепловые ВЭР.

Использование выпарных установок не позволяет сделать утилизацию сточных вод абсолютно безоотходной. Для увеличения эффективности системы утилизации стоков возможно применение кристаллизационных аппаратов. Для интенсификации процессов кристаллизации требуется охлаждение. С целью обеспечения необходимого охлаждения кристаллизаторов целесообразным является применение абсорбционной холодильной машины (АБХМ), для оптимальной работы которой используются низкопотенциальные ВЭР.

В связи с высоким содержанием солей жесткости в утилизируемых сточных водах возможно образование отложений на поверхностях нагрева [2]. Для обеспечения безнакипного режима работы целесообразно провести химическое умягчение поступающих на утилизацию стоков с использованием щелочных реагентов.

Рассматривается технологическая схема системы утилизации сточных вод с применением многоступенчатой выпарной установки. Определяются режимные параметры работы. Рассмотрена математическая модель системы утилизации сточных вод, разработанная в комплексе Aspen Plus. Проведен расчет экономических показателей, обосновывающий экономическую целесообразность установки термического обессоливания.

Литература

1. **Григорьев В.С., Нейман В.К.** Утилизация низкопотенциальных тепловых вторичных энергоресурсов на химических предприятиях. М.: Химия, 1995. 240 с.
2. **Копылов А.С., Лавыгин В.М.** Водоподготовка в энергетике. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 309 с.

К.С. Огибина, студ.; рук. А.В. Волков, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВОЕННЫХ ГОРОДКОВ КАК ЧАСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РФ

Численность личного состава вооруженных сил РФ за период с 1992 по 2012 г. сократилась с 2,8 млн до 1 млн военнослужащих. В настоящее время на территории России функционируют около 7 тыс. военных городков. Их системы теплоснабжения не подвергались масштабной реконструкции, что привело к появлению избыточной тепловой мощности на существующих источниках генерации.

Как показывает практика проведения энергетических обследований, системе учета тепловой энергии обычно уделяется мало внимания, особенно при наличии собственных котельных. Отсутствие приборов учета у присоединенных потребителей приводит к недостоверной информации об объемах потребления тепловой энергии отдельными подразделениями, что не позволяет своевременно принимать меры к незапланированному потреблению энергоресурсов, в то время как применение приборов учета тепловой энергии позволяет добиться экономии топлива, используемого на источниках генерации, в пределах от 3,5 до 5,5 % [1, 2].

Трубопроводы в таких системах теплоснабжения эксплуатируются 30 и более лет, как правило, данные трубопроводные сети имеют некачественную теплоизоляцию и значительные коррозионные повреждения, что приводит как к сверхнормативным потерям тепловой энергии, так и к значительным утечкам теплоносителя.

Проведение мероприятий, связанных с реконструкцией и модернизацией коммунальной инфраструктуры военных городков, должно носить комплексный характер, охватывающий генерацию, транспортировку и потребление тепловой энергии и полностью соответствовать основным положениям разработанной энергетической стратегии Министерства обороны РФ [3].

Литература

1. **Федеральный закон** от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении».
2. **Федеральный закон** от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
3. **ГОСТ Р ИСО 50001—2012**. Система энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению.

И.В. Петрушина, студ.; рук. А.Ф. Прищепов, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В КРЫМУ, КРАСНОГВАРДЕЙСКИЙ РАЙОН

Проблема энергодефицита Крыма сегодня занимает особо значимую позицию в силу определенных политических обстоятельств. Так как необходимо обеспечить минимальную энергетическую зависимость от других стран, то проблема энергоэффективности актуальна.

Крым как самостоятельная республика имеет достаточный потенциал для обеспечения автономной работы, именно здесь мы можем использовать не только традиционные источники энергии, такие как ТЭС, АЭС, ГЭС, но и возобновляемую энергию.

В данном проекте будет рассмотрено энергообеспечение части Красногвардейского района за счет использования СЭС, солнечных коллекторов, альтернативной энергии ветра, а также предложено решение проблемы кондиционирования с помощью использования тепловых насосов. Выработка энергии СЭС и ВЭУ позволит полноценно обеспечить потребность в тепловой и электрической энергии в любой период. Тепло, получаемое в летний период, можно посредством тепловых насосов преобразовать в холод, это решит проблему кондиционирования.

В Красногвардейском районе на площади 1766 км² проживает 83 334 человек, он занимает второе место по числу населения. Промышленность района тесно связана с сельским хозяйством, а пищевая промышленность является традиционной отраслью Красногвардейского района. В данный момент в районе действует 88 промышленных предприятий. Деятельность большинства предприятий представляет собой следующую цепочку: переработка сельскохозяйственных продуктов — производство алкогольных напитков и продовольственных товаров (мясо, колбасные изделия, крупы, субпродукты, мука, хлеб, кондитерские, макаронные изделия).

Данный район необходимо в полной мере обеспечить энергией, что даст возможность улучшения качества жизни и развития Республики Крым в целом. Данный проект может быть реализован не только в рассматриваемом районе, но и на аналогичных территориях.

*М.М. Полозова, Н.Н. Исаева, студенты;
рук. Ю.В. Яворовский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЭЦ

В настоящее время для расчета показателей энергетической эффективности комбинированного производства электроэнергии и теплоты существует множество методов, и при этом нельзя определить тот или иной метод как единственно верный. Существующие для этого методики разделения топливных затрат зачастую не отвечают экономическим задачам определения себестоимости продукции и формирования тарифов на энергоносители, а также не обеспечивают выбор оптимальных режимов работы и состава оборудования ТЭЦ. Таким образом, проблема выбора метода определения показателей энергетической эффективности комбинированного производства электроэнергии и теплоты все еще остается открытой.

Одним из методов оценки эффективности работы ТЭЦ при решении задач оптимального распределения тепловой и электрической нагрузок на агрегатах может служить метод КПД отборов. В основу метода КПД отборов положено очевидное утверждение, что в результате отбора теплоты возникает недовыработка механической энергии в турбине и электроэнергии в генераторе. Недовыработанную электроэнергию нужно выработать на сторонней электростанции. Дополнительный расход топлива в энергосистеме B_T , меньше расхода топлива B_K в котельной, тепловую нагрузку которой замещают при теплофикации. Экономия топлива определяется разностью между расходом топлива в энергосистеме и расходом в котельной, которую замещают. Это позволяет отказаться от разделения расхода топлива на электроэнергию и теплоту, что значительно упрощает расчеты и последующий анализ результатов.

В данной работе различными методами были проведены расчеты по определению расходов топлива на примере теплофикационной турбины Т-100. Расчеты показали, что физический, эксергетический методы и метод ОРГРЭС сильно завышают расход топлива на производство теплоты по сравнению со значениями, полученными при расчете методом КПД отборов. Аналогичные результаты были получены при расчете турбин с промышленными отборами.

Метод КПД отборов не имеет недостатков, присущих другим методам, и его довольно удобно использовать для практических расчетов и определения энергетического эффекта при комбинированном производстве тепловой и электрической энергии.

*С.А. Прищепова, студ.; рук. И.А. Султангузин, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ ПРИМЕНЕНИЯ АБХМ В ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В последние годы проблема повышения энергетической эффективности путем использования вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) стала очень актуальной и приобрела общегосударственное значение. Особое внимание следует уделить крупным отраслям, например горно-металлургической промышленности, где имеется большое количество избыточного тепла, которое может использоваться в абсорбционной холодильной машине (АБХМ) для выработки холода.

Основной задачей данной работы является разработка эффективной и надежной схемы для отвода избыточного тепла в целях обеспечения устойчивого технологического процесса хлорного растворения никелевого порошка трубчатых печей (НПТП).

Модернизированная технология производства никеля требует постоянного поддержания температуры оборотной воды цеха электролиза никеля на входе на уровне не более 20 °С. В соответствии с этим, а также для утилизации тепла выходящей оборотной воды, предлагается использовать абсорбционную холодильную машину.

В работе представлена схема утилизации низкопотенциальной теплоты с использованием АБХМ в летний период. Для АБХМ в качестве источника тепловой энергии используется вода промежуточного контура утилизации реакционного тепла передела хлорного растворения НПТП температурой 85 °С и расходом до 400 м³/ч. Расчеты показывают, что АБХМ сможет производить холод в количестве 3330 кВт (2,864 Гкал/ч) при изменении температуры охлаждаемой воды с 12 до 7 °С. Для АБХМ необходим также контур охлаждающей воды, температура которой уменьшается с 33 до 25 °С [1]. В качестве контура охлаждения может использоваться система оборотного водоснабжения завода или собственная локальная малоразмерная градирня.

Исходя из полученных результатов расчета в качестве варианта может быть рассмотрена установка двух АБХМ-2000Вн производства ОАО «Теплосибмаш» с суммарной холодопроизводительностью 3600 кВт.

Литература

1. Бараненко А.В., Тимофеевский Л.С., Долотов А.Г., Попов А.В. Абсорбционные преобразователи теплоты: Монография. СПб.: СПбГУНиПТ, 2005. 338 с.

Л.М. Рахимова, студ., Ю.К. Дёмин, асп.; рук. С.В. Картавец, д.т.н.,
доц. (МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АХМ ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОХЛАЖДЕНИЯ В КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКЕ

Сжатый воздух широко применяется во всех отраслях промышленности. Так, на привод центробежных компрессоров тратится около 20 % всей генерируемой в стране электроэнергии.

Для экономии энергии на привод центробежного компрессора применяется промежуточное охлаждение сжимаемого газа в вынесенных теплообменниках между группами ступеней сжатия, а величина отводимой теплоты сопоставима с мощностью привода компрессорной установки (КУ). При этом необходимо охлаждать сжимаемый газ до как можно более низкой температуры. Для того чтобы охлаждать газ до такой температуры, нужен соответствующий источник холода (ХИ). Для большинства КУ источником холода является окружающая среда (о.с.), а температура о.с. изменяется во времени. Изменение температуры о.с. по месяцам представлено на рис. 1.

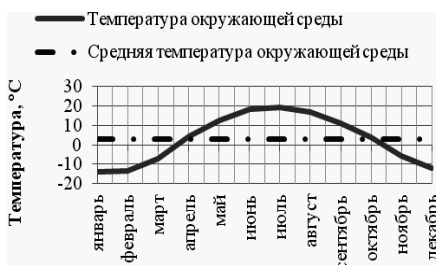


Рис. 1. Изменение температуры окружающей среды по месяцам, г. Магнитогорск

Из рис. 1. видно, что с апреля по октябрь температура о.с. выше среднего значения температуры. Следовательно, в этот период существует перерасход энергии на сжатие из-за высокой температуры ХИ. Исходя из этого задачей энергосбережения становится снижение температуры ХИ до средней температуры.

В данной работе предлагается использовать абсорбционные холодильные машины (АХМ) для генерации холода из отводимой теплоты сжатия для дополнительного охлаждения сжимаемого газа. При этом экономится около 7,5 % общих затрат на сжатие.

Таким образом, применение АХМ для утилизации теплоты сжатия открывает широкие возможности энергосбережения в период высоких температур окружающей среды.

Д.О. Романов, асп.; рук. Ю.В. Яворовский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМ ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ РАЙОНОВ

В настоящее время передовые страны разрабатывают комбинированные системы тепло- и холодоснабжения. Использование таких систем способствует выравниванию графика тепловой нагрузки ТЭЦ и позволяет вводить в работу системы кондиционирования воздуха зачастую без сооружения дополнительных источников их энергоснабжения. В таких условиях целесообразно рассматривать системы теплоснабжения в комплексе с системами холодоснабжения.

В данной работе была создана программа, позволяющая определять экономическую целесообразность инвестиций в системы холодоснабжения. Программа позволяет проводить сравнительный анализ систем холодоснабжения с различными источниками холода на базе парокомпрессионных холодильных машин (ПКХМ) или абсорбционных холодильных машин (АХМ). В результате использования программы можно определить ряд экономических показателей, в том числе дисконтированный срок окупаемости и чистый дисконтированный доход.

На основе разработанной программы был проведен сравнительный анализ различных систем холодоснабжения:

- с ПКХМ при тарифе на электроэнергию 4,5 руб/(кВт·ч);
- с АХМ, использующей бросовую теплоту промышленного производства;
- с АХМ, использующей теплоту из тепловых сетей по тарифу 1700 руб/Гкал;
- с АХМ, работающей на природном газе при его стоимости 5 руб/м³.

Расчеты были проведены на примере городского района для климатических условий г. Москвы. Продолжительность работы системы была оценена в 600 ч. Расчетная холодильная нагрузка составила 2,7 МВт. Тариф на холод в расчетах был принят на базовом уровне 5 руб/(кВт·ч) и в дальнейшем варьировался.

Наиболее выгодным вариантом оказалось использование сбросной теплоты в АХМ, срок окупаемости при этом составил 13 лет. В нынешней экономической ситуации выработка холода в АХМ с использованием покупной теплоты, в АХМ с использованием природного газа и в ПКХМ при рассмотренных уровнях тарифа на энергоносители не окупается. Для того чтобы при данных условиях все четыре рассмотренные системы стали окупаемы, стоимость холода должна составлять более 7 руб/(кВт·ч).

М.И. Рудицер, асп.; рук. А.Я. Шелгинский, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ 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].

Для сокращения затрат энергии для передачи теплоты от источника низкопотенциальной теплоты (ИНТ) к испарителю ТНУ перспективным является комбинированное использование ТТ и ТНУ. Анализ работ по использованию ТНУ и ТТ в системах теплоснабжения различных объектов показывает: ТНУ в ряде случаев позволяет эффективно трансформировать теплоту от ИНТ до требуемых параметров систем теплоснабжения с учетом влияния: соотношения тарифов на теплоту и электроэнергию, температурных потенциалов источников и потребителей теплоты [2].

Применение гладкостенных (гравитационных) ТТ для транспорта теплоты от ИНТ к испарителю ТНУ вместо традиционно используемых насосов с электроприводом, осуществляющих циркуляцию промежуточного теплоносителя, позволяет существенно сократить потребление ТЭР в системах теплоснабжения на основе ТНУ. Например, экономия электроэнергии в системе составляет от 5 до 30 % [3].

В данной работе впервые предложена математическая модель, описывающая теплоперенос от ИНТ через ТТ и ТНУ к потребителю с учетом сопряженного теплообмена между теплоносителями, и разработан алгоритм расчета всей системы. 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.

*Е.С. Румянцев, студ.; Д.А. Лапатеев, инж.;
рук-ли В.М. Захаров, к.т.н., проф.; Н.Н. Смирнов, доц. (ИГЭУ, г. Иваново)*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛООТРАЖАЮЩИХ ЭКРАНОВ В ОКНАХ И ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОСУШКИ ВОЗДУХА ДЛЯ СИСТЕМ ПРЕРЫВИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ И ФРАНЦИИ

Согласно российским законам с 1 января 2020 года годовая удельная величина расхода энергетических ресурсов в зданиях, строениях и сооружениях должна уменьшиться на 40 % по отношению к базовому уровню.

Во Франции на основании требований Закона Гренель (Loi Grenelle) от 03 августа 2009 года и теплового регламента RT 2012 с 1 января 2013 года разрешается строить только здания с низким потреблением энергии (BBC, $Q < 50 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$ в зависимости от региона Франции).

Сотрудниками ИГЭУ, COSTIC и INSA Strasbourg были разработаны и запатентованы конструкции окон с теплоотражающими экранами панельного, рулонного и жалюзийного типа, выполненные из металла, которые значительно снижают тепловые потери. Применение экранов целесообразно в темное время суток или в отсутствие людей. В сертифицированной климатической камере АНО «Ивановостройиспытания» был проведен натурный эксперимент по применению теплоотражающих экранов в окнах для повышения сопротивления теплопередаче окон и снижения тепловых потерь.

Авторами [1] была разработана методика по определению минимальной температуры внутреннего воздуха при дежурном режиме отопления при выполнении условия недопущения выпадения конденсата на внутренней поверхности стекла окна с повышенными теплозащитными свойствами (с применением теплоотражающих экранов). Был проведен расчет экономии тепловой энергии для различных городов России и Франции (в том числе в Москве, Норильске, Париже, Марселе и др.).

Получено, что при применении окон с теплоотражающими экранами наблюдается тройной энергетический эффект: в отопительный период уменьшаются теплотери за счет увеличения сопротивления окна, снижаются затраты теплоты на нагрев помещения за счет понижения температуры воздуха внутри помещения, а в летний период снижается холодильная нагрузка на системы кондиционирования воздуха.

Литература

1. **Энергосберегающий** потенциал от использования теплоотражающих экранов с солнечными батареями в окнах для систем энергоснабжения зданий / В.М. Захаров, В.В. Тютиков, Н.Н. Смирнов и др. // Вестник ИГЭУ. Иваново: Иван. гос. энерг. ун-т, 2015. № 2. С. 5—14.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ

Далеко не все потребители обеспечены тепловой и электрической энергией в должной мере из-за отсутствия в их регионе источников этой энергии. Следовательно, необходимо искать альтернативные источники. В частности, выходом из этой ситуации могут стать возобновляемые ресурсы. Таким источником «топлива» может выступать лес, а точнее, древесина и продукты из нее, отходы деревообрабатывающей промышленности, листва.

Уже давно известен способ изготовления топливных брикетов (пеллет) из древесных опилок, также есть опыт британского изобретателя в получении топливных брикетов из опавшей листвы. Но британские брикеты требуют добавления связующего вещества, которое сказывается на себестоимости продукции, а следовательно, на ее конкурентоспособности. В наших же топливных брикетах отсутствует добавляемое связующее вещество, это достигается за счет того, что брикеты состоят из листвы и макулатуры. Дело в том, что макулатура содержит до 8 % лигнина, который выступает в качестве связующего вещества при получении брикетов из органических отходов. Опавшие листья, вне зависимости от породы деревьев, также имеют в своем составе лигнин. Лигнин макулатуры и опавших листьев выступает в качестве связующего вещества при изготовлении брикетов.

Было проведено несколько опытов с составом, в ходе которых было выявлено, что оптимальное отношение листвы к бумаге 1:1, при увеличении содержания листьев брикет был недостаточно прочным.

Характеристики брикетов:

- низшая теплота сгорания брикетов — 18 938 кДж/кг;
- влажность — 10 %;
- зольность — 6 %;
- содержание серы — 0,06 %.

Предлагаемый топливный брикет при сжигании выделяет в разы меньше вредных веществ в атмосферу, позволяет утилизировать большую долю твердых бытовых отходов, а также позволяет получать тепловую энергию и экологически чистую золу (без минеральных составляющих).

*М.Н. Степаненко, асп.; рук. А.Я. Шелгинский, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

ЭНЕРГОЗАТРАТЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕПЛОТЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ

Для объективного анализа энергозатрат вентиляционных выбросов рассматриваются наиболее популярные схемы утилизации теплоты вытяжного воздуха [1].

При использовании теплообменников-утилизаторов (ТУ) и теплонасосных установок (ТНУ) необходимо учитывать такой немаловажный системный фактор, как рост расхода электроэнергии на привод вентиляторов из-за роста аэродинамических сопротивлений во всей системе вентиляции, так и дополнительные затраты на привод компрессора ТНУ. Кроме того, необходимо принимать во внимание то, что при использовании органического топлива удельные затраты в т.у.т. в среднем на выработку 1 кВт·ч электроэнергии в 2,32 раза превышают затраты на выработку 1 кВт·ч теплоты. К тому же необходимо учитывать и соотношение тарифов на теплоту и электроэнергию по отдельным регионам. Большинство специалистов, занимающихся разработкой и совершенствованием систем вентиляции не учитывают все эти факторы, существенно влияющие на экономический эффект от внедрения и использования ТУ и ТНУ. Сравнение полученных значений расходов условного и первичного условного топлива с учетом дополнительных затрат на выработку дополнительной электроэнергии показывает необходимость использования комплексного подхода при технико-экономическом обосновании модернизации систем вентиляции воздуха. Для комплексного анализа была разработана математическая модель вентиляционной системы, включающая: определение параметров приточного и удаляемого воздуха, определение характеристик теплообменника-утилизатора в зависимости от теплофизических свойств воздуха и тепловых нагрузок, потери давления по всему воздушному тракту, определение требуемых теплофизических характеристик ТНУ с учетом определением полиномов для вычисления коэффициента трансформации теплоты.

На основании математической модели были получены интересные результаты, определяющие целесообразность и очередность использования тех или иных носителей тепловых вторичных энергоресурсов.

Литература

1. **Степаненко М.Н., Шелгинский А.Я.** Использование теплоты вентиляционных выбросов в системах вентиляции зданий // Надежность и безопасность энергетики. 2014. № 2 (25). С. 42—45.

Д.А. Столяров, студ.; А.С. Маленков, асп.; рук. А.Я. Шелгинский,
д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВЭР ЦЕХА ПРОИЗВОДСТВА АММОФОСА

Для решения проблем энергосбережения перспективным направлением является использование теплоты вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) промышленных технологий. Производство аммофоса (универсальное фосфоросодержащее минеральное удобрение) является достаточно энергоемким. В настоящее время в производстве аммофоса используются технологические процессы со значительным выделением теплоты химических реакций. Для поддержания необходимых температурных режимов ведения технологических процессов обычно теплота химических реакций выводится в атмосферу со значительными затратами энергоносителей [1].

Для эффективного использования тепловых ВЭР рассматриваемого производства предлагается система теплохладоснабжения (ТХС) на основе абсорбционных холодильных машин (АБХМ) для утилизации низкопотенциальной теплоты сокового пара, парогазовой смеси после сушильного барабана. Для данных целей наиболее перспективны АБХМ с наименьшей температурой генерации.

Проведен анализ материального и теплового балансов цеха производства аммофоса. Предложено схемное решение ТХС с использованием ВЭР. Разработана математическая модель системы ТХС с использованием программного комплекса Aspen Plus. Данный программный комплекс является общепризнанной средой для моделирования подобных процессов [2]. Результаты показывают перспективность использования предлагаемой системы ТХС с существенной экономией ТЭР. В холодный период времени года количество теплоты химических реакций полностью покрывает потребности цеха по производству аммофоса в системах горячего водоснабжения, вентиляции и отопления. В теплый период времени года теплота химических реакций используется в системах горячего водоснабжения, а произведенный холод — в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, а также для охлаждения готового продукта.

Литература

1. **Эвенчик С.Д., Бродский А.А.** Технология фосфорных и комплексных удобрений. М.: Химия, 1987. 464 с.
2. **A.M.A. Ahmed, A. Salmiaton, T.S.Y. Choong, W.A.K.G. Wan Azlin.** Review of kinetic and equilibrium concepts for biomass tar modeling by using Aspen Plus // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 52 (2015) 1623–1644.

С.С. Студенков, студ.; рук-ли С.В. Картавцев, д.т.н., проф.;
В.Н. Михайловский, к.т.н., доц. (МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПЕРЕДЕЛОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЭР

Производство металлопродукции на предприятиях черной металлургии является очень энергоемким производством. Рассматривая основные отрасли экономики России, видим, что доля энергетических затрат в металлургии составляет 11,7 % потребления энергоресурсов по стране [1].

Потребление энергоресурса «электроэнергия» в структуре энергопотребления металлургического предприятия составляет 10—20 %. При этом в структуре затрат на энергоресурсы на электроэнергию приходится около 15—30 % в зависимости от количества покупной электроэнергии. Отсюда видно, что производство электроэнергии на предприятии с применением ВЭР является эффективным мероприятием по утилизации ВЭР и покрытию электрической нагрузки.

Одним из наиболее масштабных ВЭР на предприятии является доменный газ. Так, на Магнитогорском предприятии ОАО «ММК» при плане выработки 10 млн т чугуна в год выход доменного газа составляет около 15 000 млн м³. С учетом теплоты сгорания 4 МДж/м³ определено, что располагаемый резерв тепловой энергии составляет 6·10¹⁰ МДж. Учитывая, что температура горения данного газа составляет 1400—1500 °С, возникает возможность его использования для целей электрогенерации на тепловых электростанциях, возводимых на предприятии. Принимая КПД современных ТЭС около 40 %, была определена возможная электрическая мощность электрогенераторов станции:

$$P = \frac{6 \cdot 10^{10} \text{ МДж/год}}{365 \cdot 3600 \text{ с/год}} 0,4 = 760 \text{ МВт}, \quad (1)$$

что сравнимо с расходом электроэнергии на предприятии (750 МВт) [2].

Таким образом, из настоящей работы видно, что использование доменного газа в процессе электрогенерации позволяет полностью покрывать электропотребление предприятия, в том числе и ЭСПЦ предприятия, потребляемая мощность которого составляет 300 МВт.

Литература

1. **Иванов В.А.** Анализ энергозатрат в различных отраслях промышленности // Наукоедение: интернет-журнал, 2015. Т.7. № 1. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/PDF/144TVN115.pdf> (дата обращения: 18.10.2015).

2. **Никифоров Г.В., Журавлев Ю.П., Девятов Д.Х.** Развитие энергетической базы и электротехнических комплексов ОАО «ММК» // Вести МГТУ им. Г.И. Носова. 2011. № 4. С. 79—82.

*Н.С. Филимонов, студ.; А.С. Маленков, асп.;
рук. А.Я. Шелгинский, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

ПРИМЕНЕНИЕ АККУМУЛЯТОРОВ ТЕПЛОТЫ, ОСНОВАННЫХ НА ФАЗОВОМ ПЕРЕХОДЕ, В СХЕМЕ С АБХМ

Аккумуляторы теплоты целесообразно использовать при неравномерном теплоснабжении и неравномерной выработке тепловой энергии на теплогенераторе. Это позволяет снижать энергозатраты за счет покрытия пиковых тепловых нагрузок в системе теплоснабжения за счет аккумулированной теплоты.

Возможность аккумулирования тепловой энергии основана на использовании физических или химических процессов, связанных с поглощением и выделением теплоты, таких как накопление-выделение внутренней энергии при нагреве-охлаждении твердых или жидких тел, фазовые переходы с поглощением-выделением скрытой теплоты, процесс сорбции-десорбции [1].

Для данной задачи целесообразным является применение аккумуляторов теплоты, основанных на процессе фазового перехода. В качестве теплоаккумулирующего материала наиболее пригодными для низкотемпературных аккумуляторов фазового перехода считаются парафины, представляющие собой смесь алифатических углеводородов [2].

В данной работе проведен сравнительный анализ использования аккумуляторов теплоты на фазовом переходе для компенсации неравномерности выработки тепловой энергии на источнике (ВЭР) в схеме с АБХМ. Для определения конструктивных и режимных параметров аккумулятора теплоты, применяемого в указанной системе, рассмотрены различные конструкции аккумуляторов теплоты и выбран оптимальный теплоаккумулирующий материал, разработана математическая модель выбранного аккумулятора.

В результате решения поставленной задачи показывается перспективность использования аккумуляторов фазового перехода с существенной экономией топливно-энергетических ресурсов при автономном теплоснабжении зданий от нетрадиционных источников теплоты.

Литература

1. **Лукьянов А.В.** Экспериментальная установка с аккумулятором теплоты на основе фазового перехода / А.В. Лукьянов, В.В. Остапенко, В.Д. Александров // Вісник Донбас. нац. ак. будівництва і архітектури. 2011. № 5(91). С. 38—42.
2. **Россихин Н.А.** Методические указания по проектированию аккумуляторов теплоты на фазовых переходах. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007.

*Р.В. Хасанова, студ.; Ю.К. Дёмин, асп.; рук. Е.Г. Нешпоренко, к.т.н., доц.
(МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА КИСЛОРОДА

Черная металлургия — одна из наиболее энергоемких отраслей промышленности, потребляющая около 11 % всего добываемого топлива и 10 % электроэнергии, вырабатываемой в стране. Кроме топлива и электроэнергии, металлургические предприятия потребляют и другие энергоресурсы — тепло, сжатый воздух, кислород и др.

Для интенсификации металлургических процессов широко применяется кислород, вырабатываемый в воздуходелительных установках (ВРУ), общее годовое потребление которого превышает 5 млрд м³. Удельный расход электроэнергии на его производство составляет около 2000 МДж/ тыс. м³ [1]. При этом для ВРУ характерно, что затраты энергии на привод компрессоров для сжатия воздуха и его продуктов разделения составляют до 90 % всех энергозатрат установки.

В состав ВРУ низкого давления входят центробежные компрессоры для сжатия воздуха, кислорода и азота, в которых осуществляют охлаждение газа в выносных газоохладителях с целью экономии энергии на его сжатие. Но, как правило, происходит недоохлаждение газа, достигающее 20—40 °С.

Чтобы приблизить процесс сжатия к изотермическому, предлагается осуществить доохлаждение газа после газоохладителя (путем впрыска жидкого кислорода в поток газообразного кислорода) применительно к кислородному компрессору [2, 3].

Так, для кислородного турбокомпрессора 5RMB44 + 4RMB32, входящего в состав ВРУ типа КТК-35-2, при впрыске жидкого кислорода после пятой, седьмой и девятой ступеней сжатия экономия энергии на сжатие составила 40 кДж на 1 кг сжимаемого газа (18 % общей работы, затрачиваемой на сжатие газа), а расход жидкого кислорода — 0,262 кг/кг.

Литература

1. **Розенгарт Ю.И.** Теплоэнергетика промышленных заводов. М.: Металлургия, 1985. 303 с.
2. **Хасанова Р.В., Демин Ю.К., Картавцев С.В.** Энергосбережение в технологии производства продуктов разделения воздуха для металлургической промышленности // Энергосберегающие технологии в промышленности: Тр. VII Междунар. конф. М.: НИТУ «МИСиС», 2014.
3. **Исследование** комбинированной схемы промежуточного охлаждения компрессоров ВРУ / Ю.К. Дёмин, И.О. Слепова, Р.В. Хасанова, С.В. Картавцев // Национальный конгресс по энергетике: Сб. мат. докл. НКЭ. Казань: КГЭУ, 2014. Т. 1.

Секция 36

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ И ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

*Председатель секции — зав. каф. Х и ЭЭ, д.х.н.,
профессор Н.В. Кулешов
Секретарь секции — магистр М.А. Климова*

*К.В. Агапов, студ.; В.А. Фомичёв, асп.; рук. Н.В. Кулешов, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

СИСТЕМА КОГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ТЕПЛО- И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Проблема роста потребления ископаемых энергоносителей, возрастания их стоимости и повышения экологической нагрузки побуждает человечество прилагать усилия по повышению эффективности преобразования энергии первичных источников в электрическую энергию и развивать альтернативные способы ее производства.

Энергетические установки на базе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) являются одними из перспективных автономных источников энергии. Рост производства ТОТЭ связан с их высокой эффективностью (КПД до 70 %), универсальностью по отношению к топливу, которым могут быть любые углеводороды (природный газ, попутный газ, биогаз и др.). Возможно также создание на основе ТОТЭ когенерационных систем для совместной выработки электроэнергии и тепла, что является определяющим фактором для «большой» энергетики. Создание гибридных энергоустановок, в которых высокопотенциальное тепло продуктов реакции топливного элемента утилизируется в газотурбинной или парогазовой установке, качественно повышает эффективность выработки энергии. Перспективно использование автономных электрохимических установок в труднодоступных и отдаленных местностях, где нет централизованного энергоснабжения, для обеспечения тепло- и электроснабжения дачных участков, для сглаживания и снижения пиковых нагрузок в жилищно-коммунальном хозяйстве и в промышленности. В качестве электролита для высокотемпературных топливных элементов используется диоксид

циркония, стабилизированный оксидом иттрия. Анод состоит из никелевого кермета, катод — из манганит лантана-стронция или кобальтит лантана-стронция, интерконнекторы — из хромистой стали [1].

В данной работе проведен расчет ТОТЭ с утилизацией уходящих газов. Предложена схема работы автономной энергоустановки и когенерационной системы выработки тепловой и электрической энергии. Рассчитана необходимая потребность в теплоносителе, подаваемом в теплообменный аппарат, с целью получения необходимых параметров для дальнейшего использования в системах отопления или горячего водоснабжения. Сделано заключение об энергетической выгоде использования автономной энергоустановки и системы когенерации.

Литература

1. **Коровин Н.В.** Топливные элементы и электрохимические энергоустановки. М.: Издательство МЭИ, 2005. 280 с.

Е.Е. Барабанов, студ.; рук. Н.В. Кулешов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ТВЕРДОПОЛИМЕРНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА

В настоящее время топливные элементы (ТЭ) на основе твердополимерного электролита внедряются в самых различных областях, когда необходим автономный источник энергии. Для эффективной работы ТЭ помимо реагентов требуется эффективная система управления.

Так как ТЭ эксплуатируется в различное время года в различных условиях, то температура и влажность воздуха, поступающего на катод топливного элемента в качестве окислителя и проходящего через биполярные пластины, служащие в качестве теплоотвода, различна. В то же время параметры, при которых работает ТЭ (влажность содержания мембраны около 80 %; отсутствие газов в анодной области, не участвующих в реакции и проникающих посредством диффузии через мембрану из катодной области; температура ТЭ, выбранная в пределах 60—80 °С), должны быть постоянны в любой момент времени работы после выхода на режим .

В связи с этим возникает многокомпонентная задача контроля параметров. Задача поддержания влажности осложняется отсутствием измерителя влажности мембраны, значение которой необходимо поддерживать на определенном уровне, то есть проводить измерения возможно только косвенно. Данный показатель необходимо отслеживать, так как меньшая влажность сокращает срок службы ТЭ, а большая способствует снижению максимальной выдаваемой мощности.

Предназначенное для этого устройство является неотъемлемой частью автономной установки на базе ТЭ, качество работы этого устройства определяет срок службы топливного элемента.

В работе представлен контроллер водородно-воздушного топливного элемента на основе твердополимерной мембраны мощностью до 100 Вт. Представлены пути решения данной задачи, приведено описание системы контроллера, блок-схема его работы.

К.В. Дергунова, студ.; рук. Н.А. Яштулов, д.х.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ПОЛУЧЕНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО СЛОЯ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ ПЛАТИНЫ, ДЛЯ ВОДОРОДНО- ВОЗДУШНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В современном мире проблема энергопотребления является одной из ключевых в науке и технологии [1, 2]. В условиях сокращения природных ресурсов растет актуальность задачи совершенствования высокоэффективных электрохимических систем для аккумулярования и преобразования энергии. В данной работе рассмотрена модификация наночастицами металлов — катализаторов не только поверхности, но и объема углеродных подложек для водородно-воздушных топливных элементов, стимулирующая дополнительное каталитическое окисление водородсодержащего топлива и восстановление окислителя.

В качестве электрокатализаторов были использованы наночастицы платины, нанесенные на микрочастицы углеродных носителей с развитой поверхностью, — углеродный наноматериал «Таунит», имеющий структуру спутанных нанотрубок [1]. Таким образом, применение углеродных нанотрубок в качестве носителей позволяет увеличить удельную активность катализатора на 10—20 %, а также повысить срок его эксплуатации.

Для изучения возможности создания монометаллических наночастиц платины был использован синтез наночастиц в водно-органических растворах обратных мицелл. Исследованы физико-химические и функциональные характеристики нанокомпозигов на основе наночастиц платины на углеродных нанотрубках «Таунит». На основе методов электронной микроскопии, рентгенофазового анализа и циклической вольтамперометрии были предложены условия формирования электродных материалов на углеродных матрицах-подложках с различными функциональными характеристиками. Сделан вывод о необходимости совершенствования методов получения и стабилизации наночастиц на углеродных носителях для создания химических источников тока с повышенными удельными характеристиками.

Литература

1. Яштулов Н.А. // Научное развитие технологий. 2011. Т. 12. № 6. С. 44—47.
2. Смирнов К.С., Жорин В.А., Яштулов Н.А. // ЖПХ. 2013. Т. 86. № 4. С. 647—649.

ЭЛЕКТРОЛИЗ ВОДЫ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ДАВЛЕНИЯХ

На сегодняшний день мировое производство электролитического водорода составляет порядка 2,2 млн т ежегодно. Основными потребителями электролитического водорода являются предприятия атомной энергетики, пищевой, химической, стекольной, полупроводниковой промышленности, чистый водород используется для охлаждения турбогенераторов на крупных электростанциях.

По типу электролита различают электролизеры с щелочным электролитом, с твердым полимерным и с твердым оксидным электролитом. Наибольший интерес представляет щелочной электролиз воды, который объясняется простотой и надежностью конструкции, дешевизной используемых материалов, высокой чистотой генерируемых кислорода и водорода, возможностью получения генерируемых газов под высоким давлением непосредственно на выходе электролизера, высоким ресурсом работы электролизера. К недостаткам данного метода можно отнести высокие энергозатраты процесса.

Проведены разработки высокоэффективных щелочных электролизеров воды. Разработаны электроды, изготовленные формированием пористого никелевого покрытия на никелевой просечно-вытяжной сетке методом электроосмоса. Катод представляет собой пористое никелевое покрытие, модифицированное катализатором NiPx, с содержанием фосфора до 5 % (масс.). Анод — пористое никелевое покрытие, модифицированное катализатором NiCo₂O₄. Разработана диафрагма, изготавливаемая методом фазовой инверсии и представляющая собой армированную полимерной сеткой матрицу на основе полимера полисульфонового ряда, наполненного диоксидом титана. Использование новой элементной базы позволило снизить удельные энергозатраты с 5,4—5,9 (кВт·ч)/нм³ H₂ до 4,3—4,5 (кВт·ч)/нм³ H₂ при плотности тока 250—300 мА/см².

Параллельно ведутся разработки щелочных электролизеров, работающих при повышенных давлениях, что особенно эффективно в условиях функционирования комбинированной электрохимической энергоустановки, так как исключение компрессоров из схемы увеличивает удельные энергетические характеристики и повышает надежность системы. С другой стороны, появляется возможность проводить электролиз при повышенной температуре. Теоретическое напряжение разложения возрастает с ростом давления, однако при работе электролизной ячейки под нагрузкой в области высоких плотностей тока наблюдается снижение напряжения с ростом давления.

*А.С. Драпов, К.С. Огибина, студенты;
рук. И.А. Пуцылов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТОДОВ ЛИТИЙ-ДИОКСИД-МАРГАНЦЕВЫХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА С ПОВЫШЕННОЙ ЕМКОСТЬЮ

Вся малогабаритная портативная техника базируется на питании от автономных источников тока. Химические источники тока (ХИТ) развиваются и для возобновляемой энергетики, транспорта. Однако на данном этапе своего развития современные ХИТ не могут удовлетворить всем требованиям автономных устройств. Проблема создания химических источников тока, способных обеспечивать продолжительную работу приборов в автономном режиме, остается актуальной и по сей день. В данной работе разработаны высокоэнергоемкие катоды литий-диоксид-марганцевых первичных элементов.

В экспериментальной части работы установлена корреляция между природой электропроводящей добавки, способом изготовления катода и его емкостью. Установлено влияние способа изготовления на структуру катода. Показано, что максимальные энергетические параметры электрода достигаются при использовании однослойных углеродных нанотрубок (УНТ) и графена в качестве электропроводящей добавки и равномерном распределении компонентов в его структуре, имеющем место при обработке активной массы методом пластического деформирования и ультразвуком.

Сопоставительное тестирование катодов с графитом, графеном и УНТ в качестве электропроводящих добавок проводили в трехэлектродной полипропиленовой ячейке. Поляризационные и разрядные характеристики электродов снимали до конечного потенциала в 2 В. Разрядную плотность тока варьировали в диапазоне от номинальных режимов $0,015 \text{ мА/см}^2$ до форсированных в $0,1 \text{ мА/см}^2$. Максимальные значения удельных емкостей электродов достигались при невысоких значениях плотностей тока, так, при плотности тока $0,015 \text{ мА/см}^2$ у диоксид-марганцевых катодов с углеродными нанотрубками после пластической деформации емкость достигала $410 \text{ (мА}\cdot\text{ч)/г}$, а у электродов с графеном — $500 \text{ (мА}\cdot\text{ч)/г}$. Высокие значения удельных емкостей, вероятно, объясняются тем, что графен и УНТ после пластического деформирования интеркалируют часть ионов лития в процессе разряда, т.е. участвуют в электрохимическом процессе как активные вещества. Таким образом, однослойные углеродные нанотрубки и графен можно рассматривать как перспективный материал для ХИТ.

Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов СП-1098.2015.1.

*М.А. Драпова, студ.; Е.А. Коломейцева, асп.; рук. С.И. Нефёдкин,
д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТОДА ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА РАЗЛОЖЕНИЯ ВОДЫ С ТВЕРДЫМ ПОЛИМЕРНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ С МАЛЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ПЛАТИНЫ

Электролизеры с твердым полимерным электролитом (EW PEM) являются удобными и компактными генераторами водорода. Известно, что в качестве катализаторов катода таких электролизеров наиболее высокую активность имеет дисперсная платина.

В экспериментальной части работы были получены дисперсные тонкопленочные каталитические композиции $Pt_xC_{(1-x)}O_y$ на поверхности титана и сажи методом магнетронного распыления в вакууме из секционной мишени графита с вставками платины при разном содержании кислорода в плазмообразующем газе — аргоне.

В ходе работы было установлено, что катализатор имеет развитую структуру с равномерным распределением элементов в виде сферических дисперсных частиц размером от 100 до 400 нм, которые сами состоят из наноразмерных частиц. Соотношение компонентов секционной мишени и параметров процесса напыления оказывают влияние на состав катализатора, его структуру и электрохимическую активность. Присутствие кислорода в плазмообразующем газе тормозило процесс напыления компонентов составной мишени С-Pt и способствовало образованию мелкодисперсной структуры катализатора.

Методом растровой электронной микроскопии с EDEX приставкой (SEM+EDEX) была исследована структура полученных катализаторов, а также элементный состав поверхностного слоя в точке наблюдения.

Были получены циклические вольт-амперные характеристики электродов, которые показали, что высокую доступную поверхность каталитических композиций для электрохимических процессов можно получить при максимальном содержании кислорода. Полученные дисперсные каталитические композиции С-Pt имели высокую электрохимическую активность в реакции выделения водорода в кислом растворе электролита, а удельная активность (на единицу массы платины) каталитических композиций $S_{70}Pt_{30}$ имела удельную активность почти на порядок более высокую, чем для дисперсной платины.

Такие катоды С-Pt, полученные в магнетроне, могут быть использованы в качестве анодов с малым содержанием платины в электролизерах с твердым полимерным электролитом.

*М.А. Климова, А.Н. Фокин, студенты;
рук. С.И. Нефёдкин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ IR-МО КАТАЛИЗАТОРОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ В МАГНЕТРОНЕ ДЛЯ АНОДА EWPEM

Электролизеры с твердым полимерным электролитом (EW PEM) являются удобными и компактными генераторами водорода. Известно, что в качестве катализаторов анода таких электролизеров наиболее высокую активность имеют дорогостоящие оксиды IrO₂ и RuO₂. Смешанные системы на основе иридия с более доступными и дешевыми компонентами, например Mo и Nb, представляют интерес для исследования.

Дисперсные тонкопленочные каталитические композиции Ir_xMo_(1-x)O₂ на поверхности титана и углерода получены методом магнетронного распыления в вакууме из секционной мишени Ir-Mo при разном содержании кислорода в плазмообразующем газе.

Катализатор имеет развитую структуру с равномерным распределением элементов в виде сферических дисперсных частиц размером от 100 до 1000 нм. Показано, что соотношение компонентов секционной мишени и параметры процесса напыления оказывают влияние на состав катализатора, его структуру и электрохимическую активность. Присутствие кислорода в плазмообразующем газе тормозит процесс напыления компонентов составной мишени Ir-Mo (молибдена в большей степени, чем иридия) и способствует образованию мелкодисперсной структуры катализатора. Окисленные и стабилизированные таким образом пленки Ir_x-Mo_(1-x) остаются устойчивыми в условиях длительной анодной поляризации, а удельная активность превышает активность дисперсного IrO₂.

В работе также исследованы тройные смешанные каталитические композиции Ir-Nb-Ru, Ir-Nb-Mo-Ru, синтезированные из составных мишеней в магнетронной установке.

Получены циклические вольт-амперные характеристики электродов, которые показали, что высокую доступную поверхность каталитических композиций для электрохимических процессов можно получить при максимальном содержании кислорода. Такие каталитические композиции имеют высокую электрохимическую активность в реакции выделения кислорода в кислом растворе электролита и могут быть использованы в качестве анодов с малым содержанием иридия в электролизерах с твердым полимерным электролитом.

*Ф.В. Лелин, студ.; рук. Н.В. Кулешов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»);
М.А. Журилова, студ. (МФТИ); рук. Е.А. Киселёва, к.т.н., н.с. (ОИВТ РАН)*

СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ С ВОДНЫМ И ОРГАНИЧЕСКИМ ЭЛЕКТРОЛИТАМИ

Электрохимические технологии получения и хранения энергии являются приоритетными направлениями развития энергетических технологий во всем мире. В последнее время все большее внимание привлекают системы накопления энергии на основе суперконденсаторов (СК). Благодаря высоким значениям удельных мощностей (2—15 кВт/кг), большим скоростям заряда и разряда и длительному времени жизни, данные устройства активно завоевывают различные области энергетики как стационарного, так и транспортного назначения.

Работа по повышению энергоемкости СК ведется в двух направлениях: по расширению диапазона рабочего напряжения за счет использования органических электролитов, а также по повышению емкости электродных структур, в первую очередь за счет повышения емкости двойного электрического слоя углеродных электродов. Главным недостатком водных электролитов является низкое допустимое напряжение на ячейке, не более 1 В, которое обусловлено разложением электролита. Поэтому повышение удельных характеристик СК с водным электролитом возможно только за счет повышения емкости электродных структур. Для выполнения этой задачи необходимо детально изучить факторы, влияющие на образование двойного электрического слоя на всех стадиях технологического процесса, начиная от синтеза углеродных материалов и заканчивая изготовлением электродов СК на их основе. В данной работе рассматривались два метода формирования углеродных электродов СК: метод напыления и метод раскатки. Было изучено влияние технологических особенностей изготовления углеродных электродов на удельные электрохимические характеристики суперконденсаторов с водным и органическим электролитами.

Исследования показали, что лучшие удельные характеристики СК с водным электролитом достигаются методом напыления, а с органическим электролитом — методом раскатки.

Е.А. Мещерякова, студ.;
рук. К.С. Смирнов, к.т.н., вед. инж. (НИУ «МЭИ»)

МЕТОД ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАТОДОВ ЛИТИЙ-ПОЛИМЕРНОГО АККУМУЛЯТОРА

С момента появления радиоэлектронной техники ее развитие шло по пути повышения эффективности и компактизации. Размеры логических плат, на которых организуются микроэлектронные схемы, уменьшились до таких значений, что уже практически все радиоэлектронные устройства могут изготавливаться в портативном исполнении. Подавляющее большинство современных литиевых аккумуляторов выпускается в виде призматических, цилиндрических и дисковых элементов. Но современные тенденции в развитии радиоэлектронной техники требуют создания тонких аккумуляторов. Поэтому актуально создание полностью твердофазных литиевых аккумуляторов, обладающих такими уникальными свойствами, как большая энергоемкость, легкость, малые размеры, способность принимать любую форму. В последнее время во многих лабораториях мира проводятся исследования, направленные на создание катодного материала на основе соединения литий-железо-фосфата. В работе использован оригинальный метод изготовления электродов, включающий в себя механическую активацию активной массы в процессе пластического деформирования на аппаратах высокого давления типа наковален Бриджмена. Изготовление твердофазных катодов включает в себя: перемешивание порошкообразного литий-металл-фосфата с электропроводной добавкой, пропитку полученной массы раствором твердополимерного электролита в диметилацетамиде. Затем полученную смесь предварительно обрабатывали ультразвуком на установке УЗ-1 и высушивали в сушильном шкафу. Полученную массу размалывали и наносили на поверхность токоотвода двумя способами. Первый, традиционный способ заключается в напрессовке катодной массы на реакторную поверхность подложки электрода давлением 15 МПа. Второй способ позволяет вводить в процесс производства электродов дополнительную стадию воздействия на катодную массу: механоактивацию (МА) на аппаратуре высокого давления. Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование МА дает существенные преимущества как по потенциалу разряда электрода, так и по его удельной емкости. Ранее было установлено, что выигрыш достигается благодаря лучшей гомогенизации и компактированию активной массы электрода. Сравнение полученных результатов с литературными данными показало, что электроды на основе литий-железо-фосфата, изготовленные с использованием МА, по электрохимическим параметрам превосходят известные из литературы на 12—15 %.

*М.В. Негородов, С.В. Курочкин, студенты;
рук. И.А. Пуцылов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТА ДЛЯ ЛИТИЙ-ФТОРУГЛЕРОДНОГО ИСТОЧНИКА ТОКА

В современном обществе химические источники тока (ХИТ) имеют актуальное значение для автономного энергоснабжения электронной малогабаритной техники, а также представляют огромный интерес и заманчивое перспективное будущее для автомобильной, военной и космической промышленности. В связи с этим является актуальной разработка источников тока с высокими энергетическими параметрами и ресурсом. Данная работа посвящена твердофазным литиевым ХИТ с твердополимерным электролитом и катодами на основе фторированных наноматериалов.

В экспериментальной части работы проведены испытания твердополимерного электролита, представляющего собой бинарную систему LiClO_4 — модифицированный полисульфон. Установлено, что на его электропроводность существенно влияет концентрация перхлората лития в полимерной матрице. Зависимость электропроводности от концентрации соли лития имеет экстремальный характер. Увеличение концентрации соли до определенного предела обеспечивает рост числа носителей заряда, что и способствует повышению проводимости твердополимерного электролита. С другой стороны, так как растворителем является матрица полимера, при увеличении концентрации перхлората лития возможна ее сшивка, которая снижает подвижность полимерной цепи и, соответственно, приводит к уменьшению проводимости твердополимерного электролита. Исследования выполняли в течение 350 циклов в системе литий — ТПЭ — литий. При оптимизации массового содержания соли лития в структуре полимера и режима сушки были достигнуты максимальные физико-химические параметры ТПЭ и минимальная поляризация отрицательного литиевого электрода, работающего в контакте с ним. Электропроводность разработанного ТПЭ составила $5 \cdot 10^{-3}$ См/см, поляризация литиевого электрода при плотности тока 1 мА/см^2 не превышала 10 мВ.

Испытания разработанного электролита в макетах литий-фторуглеродных источников тока обнаружили его высокую надежность и стабильность, а также инертность по отношению к наноматериалам положительного электрода, таким как, например, фторированная фуллереновая сажа и углеродные нанотрубки.

Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов СП-1098.2015.1.

ЭКОНОМИКА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

*Председатель секции — зав. каф. ЭЭП, к.т.н.,
профессор, Г.Н. Курдюкова
Секретарь секции — ст. преподаватель А.Ю. Амелина*

М.С. Агафонова, студ.; рук. А.Ю. Амелина, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕХОДА ОТ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ К СИСТЕМЕ АВТОНОМНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Целью работы является оценка эффективности перехода от централизованного теплоснабжения к системе автономных котельных, формулировка и выявление основных рисков, потерь и выгод от строительства котельных для потребителей, инвесторов, государства и собственников теплоэлектроцентралей.

Актуальность работы обусловлена весьма трудной ситуацией в теплоэнергетике, а также новым проектом по привлечению частных инвестиций в данную отрасль, целью которого является строительство котельных и снижение государственного участия в отрасли [1]. Переход к ценообразованию по методу «альтернативной котельной» является одной из самых важных составляющих данного проекта, что вызвало ряд противоречивых мнений о целесообразности новых методов и о перспективе теплоэнергетики в целом.

Работа представляет научный и практический интерес и определяет направление дальнейших исследований. В работе был проведен расчет расхода топлива на Омской ТЭЦ-5 — самой мощной в энергосистеме, обеспечивающей теплом крупные районы города Омска. Было определено необходимое количество котельных для полного замещения централизованного теплоснабжения. Был рассчитан расход топлива на них, себестоимость продукции и тариф, который окупает проект строительства в долгосрочной перспективе и устанавливает предельную цену на тепло как на котельной, так и на ТЭЦ.

Расчеты выявили два недостатка ухода от централизованного теплоснабжения: 1) перерасход топлива; 2) увеличение цен на тепло для потре-

бителей. Причем увеличение цен неизбежно даже при покупке тепла у ТЭЦ, исходя из нововведений в законодательство о теплоэнергетике. Потребительский выбор может перейти на сторону «котельнизации», так как в этом случае нет строгих ограничений по срокам на отопительный сезон. Переход на теплоснабжение от автономных котельных может стать выгодным для инвесторов и государства, но нерациональным с точки зрения потребителей и оптимизации производства. Стоит отметить, что под строительство котельных необходимо отведение земли. Кроме того, это может повлиять на экологическую ситуацию в городах, что тоже является отрицательным моментом.

Литература

1. **Внедрение** целевой модели рынка тепловой энергии [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rosteplo.ru/>

А.А. Антипов, студ.; рук. Д.Г. Шувалова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИЗМЕНЕНИЕ ТАРИФНОЙ НАГРУЗКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТОДА РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ТЕПЛОСЕТИ

Сегодня в России теплоснабжающие организации производят в системах центрального теплоснабжения в среднем 1400 млн Гкал/г., или 44 % мирового тепла, и обладают самой масштабной разветвленной сетью центрального теплоснабжения. Оборот централизованного теплоснабжения — 1,5 трлн руб., или 2,5 % ВВП России. Сейчас отечественная теплоэнергетика абсолютно убыточная отрасль, при том что половина от всех коммунальных платежей россиян приходится на отопление и горячее водоснабжение [1].

Следует отметить, что в ряде регионов сложилась беспрецедентная ситуация с недофинансированием капитального ремонта, внедрением инноваций и модернизацией тепловых сетей. Накопившиеся за последние годы проблемы, обусловленные сдерживаемыми темпами роста тарифов на тепловую энергию, грозят серьезными авариями.

Для их решения государством были разработаны методы долгосрочного регулирования тарифов и цен, такие как: метод индексации установленных тарифов; метод обеспечения доходности инвестируемого капитала (RAB); метод сравнения аналогов.

В работе были проведены расчеты необходимой валовой выручки (НВВ) предприятия методом индексации тарифов и методом обеспечения доходности инвестируемого капитала. Доказано, что внедрение метода RAB будет более эффективным, чем применяемый в аналогичных условиях метод индексации установленных тарифов. При RAB методе НВВ предприятия составляет 215 974,876 тыс. руб., что на 1,5 % больше рассчитанной необходимой валовой выручки методом индексации тарифов, однако эти 1,5 % обеспечивают предприятию возврат инвестируемого капитала в размере 60 млн руб. в 12-летний срок, в то время как время возврата аналогичного инвестируемого капитала при методе индексации установленных тарифов составит около 60 лет. Также следует отметить, что разница между двумя видами одноставочного тарифа на теплоэнергию, отпускаемую предприятием, незначительна и составляет 26,40 руб. за Гкал (при RAB методе — 1507,59 руб/Гкал, а при методе индексации — 1481,189 руб/Гкал).

Привлечение новых инвестиций даст толчок к развитию и модернизации производственной базы предприятия, что непременно скажется на качестве оказываемых предприятием услуг.

Литература

1. **Лобанов В.В.** Государственное управление и общественная политика. СПб.: Питер, 2010.

М.Н. Арбузов, студ.; рук. Е.Ю. Абрамова, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СДЕЛКИ СЛИЯНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ТГК-5» И ОАО «ВОЛЖСКАЯ ТГК»

В современных экономических условиях компаниям необходимо искать эффективные методы для развития, повышения конкурентоспособности, роста рентабельности и стоимости. Одним из методов является реализация стратегии слияния компаний [1]. При проведении подобных сделок необходимо обращать особое внимание на оценку потенциальных выгод, которые может получить компания-инициатор в случае удачного ее проведения.

В работе проведена оценка стоимости компаний ОАО «ТГК-5» и ОАО «Волжская ТГК» в целях слияния и поглощения и определен синергетический эффект сделки в стоимостном выражении.

Для оценки стоимости ОАО «ТГК-5» и ОАО «Волжская ТГК» в рамках доходного подхода был выбран метод дисконтирования денежного потока как наиболее объективный в рассматриваемой ситуации. Данный метод позволяет наиболее точно оценить синергетический эффект от сделки и затраты на интеграцию [2]. Расчеты показали, что стоимость ОАО «ТГК-5» до объединения составляла 73 262 451 тыс. руб. Стоимость ОАО «Волжская ТГК» — 18 566 322,43 тыс. руб.

Стоимость объединенных компаний составит 171 079 115,33 тыс. руб. Синергетический эффект от сделки — 230 739 690,46 тыс. руб., что является средним показателем для такого рода сделок.

В результате слияния компаний ОАО «ТГК-5» и ОАО «Волжская ТГК» достигнуты следующие результаты:

1. Увеличение объема и снижение стоимости заемных средств вследствие повышения кредитной устойчивости компании за счет эффекта масштаба.

2. Снижение себестоимости продукции.

3. Повышение конкурентоспособности компании в отрасли, что позволит в будущем расширить географию присутствия ОАО «Волжская ТГК».

Таким образом, руководству объединяющихся компаний рекомендуется осуществление данной сделки.

Литература

1. **Рынок** слияний и поглощений в России в первом полугодии 2014 г. [Электронный ресурс] / ЗАО «КПМГ». — август 2014. URL: http://www.kpmg.com/RU/ru/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/S_MA_H1_2014_updated_final_rus.pdf

2. **Тихомиров Д.В.** Оценка стоимости компаний при слияниях и поглощениях: учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2009. 132 с.

А.В. Бирилова, студ.; рук. Д.Г. Шувалова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

МАКСИМИЗАЦИЯ ПРИБЫЛИ ЭНЕРГОСБЫТОВОЙ КОМПАНИИ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ ИЗДЕРЖЕК

Главной целью любой коммерческой организации является получение прибыли. Существуют несколько способов увеличения положительного эффекта от деятельности компании, к ним относятся: увеличение объема производства, улучшение качества продукции, что ведет к увеличению цены, оптимизация издержек компании и многое другое. Данные способы следует применять в комплексе, но не каждой компании удастся это осуществить, так как применение данных способов одновременно — дорогостоящий процесс. Одним из наиболее важных способов максимизации прибыли компании является оптимизация структуры издержек, а как следствие этого — снижение себестоимости товара и увеличение конкурентоспособности компании.

Управление затратами — это динамичный процесс, включающий управленческие действия, реализуемые через прямую и обратную связи, целью которых является достижение высокого экономического результата деятельности предприятия [1].

Анализ структуры издержек независимой энергосбытовой компании ООО «РН-Энерго», проведенный с целью оценки положительного эффекта от их оптимизации, показал, что наибольшую долю расходов предприятия составляют расходы на покупку электроэнергии с оптового рынка по РДД, на услуги сетевых компаний по передаче электрической энергии и на покупку мощности с оптового рынка. Данные виды расходов имеют наибольший удельный вес в общей сумме расходов, так как непосредственно связаны с основным видом деятельности организации — реализацией электроэнергии и мощности, который приносит 99,04 % выручки в общей сумме доходов предприятия.

Таким образом, предположительное снижение издержек на покупную электроэнергию с ОРЭМ по РДД и покупную мощность с ОРЭМ на 3 % снизит общие расходы компании на 7 188 159,21 тыс. руб., следовательно, снижение издержек увеличит прибыль на сумму разницы «расходов до оптимизации» и «расходов после оптимизации».

При выполнении данных условий и проведения оптимизации всех процессов производства организация будет эффективно вести свой бизнес с максимальным экономическим эффектом, будет являться стабильной и конкурентоспособной.

Литература

1. **Низаева А.Р.** Современное состояние энергетики и формирование системы управления затратами на предприятиях отрасли // Интернет-журнал «Экономические исследования». 2012. № 2 (12).

ВЫЯВЛЕНИЕ ОТРАСЛЕВЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ НА ТЭЦ-11 (г. МОСКВА)

В 2014—2015 гг. теплоэнергетика России проходила этап трансформации и внедрения новых моделей развития. Необходимость реформирования и изменения принципов государственного регулирования отрасли обусловлены сложным комплексом накопленных проблем и системных дисбалансов. В структуре выработки электроэнергии по видам генерации в 2014 г. произошли следующие изменения по сравнению с 2013 г.: доля электроэнергии, произведенной гидроэлектростанциями, в общей выработке электроэнергии уменьшилась с 13,8 до 13,7 %, атомных — уменьшилась с 16,4 до 15,1 %, тепловых электростанций увеличилась до 71,2 %.

ТЭЦ-11 является объектом исследования. В рамках реализации экологической политики компании внедрены схемы рециркуляции дымовых газов, схемы нестехиометрического и двухступенчатого сжигания с целью уменьшения сбросов [1].

Формирование организационной структуры ТЭЦ-11 осуществлялось посредством блочно-целевой структуры менеджмента, что позволило увеличить уровень ответственности разных звеньев управления для достижения конечных результатов. Действующая организационная структура ТЭЦ-11 по построению линейная и в высокой степени централизованная.

Основные технико-экономические показатели работы ТЭЦ-11 за 2010-2014 гг. позволяют проследить тенденции развития отрасли в разрезе ТЭЦ. Расчеты и данные, представленные в работе, позволяют сделать следующие выводы:

1. Выработка электроэнергии в 2012—2014 гг. стабилизировалась и равна 1 млн кВт·ч.

2. Отпуск тепла за анализируемый период понизился. Положительным моментом является то, что около 98,5 % всего отпущенного тепла производится из производственных и теплофикационных отборов турбин.

3. Ежегодный отпуск тепла из теплофикационных отборов остается практически постоянным, понижение общего отпуска тепла осуществляется за счет понижения отпуска тепла из производственных отборов.

Литература

1. **Инструкция** по эксплуатации теплофикационной установки турбоустановки Т-116/125-130-7 УТМЗ № 8.

Т.В. Гулямов, студ.; рук. В.К. Лозенко, проф., д.т.н. (НИУ «МЭИ»)

СНИЖЕНИЕ НАЛОГОВЫХ ПЛАТЕЖЕЙ НА ИМУЩЕСТВО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ

Согласно НК РФ, существует ряд льгот, позволяющих уменьшить налоговую базу по налогу на имущество или полностью освободить от уплаты данного налога [1, 2].

Согласно закону г. Москвы № 64, организации, относящиеся к жилищно-коммунальным комплексам, содержание которых полностью или частично финансируется за счет средств бюджета города Москвы, освобождаются от уплаты налога на имущество [3].

ТЭЦ представляют собой сложный единый комплекс, обеспечивающий непрерывный технологический процесс комбинированной выработки тепловой и электрической энергии. На ТЭЦ используется оборудование, которое: непосредственно участвует в выработке тепловой энергии, участвует в комбинированной выработке тепловой и электрической энергии, участвует в выработке только электрической энергии.

Существует два основных вида подключения ТЭЦ к потребителям — зависимое (подключается напрямую к потребителям) и независимое (ТЭЦ направляет тепловую энергию в центральный тепловой пункт (ЖКК), который перераспределяет тепловую энергию потребителям). Следовательно, оборудование, которое участвует в выработке тепловой энергии и в комбинированной выработке тепловой и электрической энергии, непосредственно связано с ЖКК.

В работе приведена информация о стоимости активов различных ТЭЦ и посчитан объем налоговых платежей.

При стоимости активов ТЭЦ в 25 млрд руб. оборудование, участвующее в выработке тепловой энергии и в комбинированной выработке, составляет около 65 % общей стоимости всех активов ТЭЦ. Налог на имущество по данному оборудованию при ставке 2,2 % составит 357,5 млн руб. Таким образом, ТЭЦ может экономить 357,5 млн руб. в год. Резерв экономии издержек повлечет снижение тарифов на тепловую энергию.

Литература

1. **«Налоговый кодекс РФ (часть первая)»** от 31.07.1998 № 146-ФЗ (ред. от 29.12.2015). Ст. 64, 66—68.
2. **«Налоговый кодекс РФ (часть вторая)»** от 05.08.2000 № 117-ФЗ (ред. от 29.12.2015). Ст. 259.3, п. 4 и ст. 381, п. 21.
3. **Закон** города Москвы от 05.11.2003 № 64 (ред. от 01.04.2015) «О налоге на имущество организаций».

Н.М. Елизарова, студ.; рук. Е.М. Табачный, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА И ФОТ В УСЛОВИЯХ ВВОДА НОВЫХ МОЩНОСТЕЙ ОАО «МУНИЦИПАЛЬНАЯ ТЭЦ» г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

За последние десятилетия нормативно-методическая база расчета нормативной численности персонала в России устарела. Анализ сложившейся в настоящее время ситуации в электроэнергетике показал, что штатный коэффициент в России в несколько раз выше, чем в развитых странах мира. Одной из российских организаций, осуществляющих формирование нормативно-правовой базы в области социально-трудовых отношений в электроэнергетике, является ОАО «Центр организации труда в электроэнергетике» (ЦОТЭнерго). Однако вклада ОАО «ЦОТЭнерго» недостаточно для создания научно обоснованных норм и нормативов в масштабах всей страны, поэтому необходимо привлечение к этой работе институтов, научных центров в России и за рубежом, предприятий электроэнергетики и государства.

В работе проведена оптимизация численности персонала и фонда оплаты труда (ФОТ) ОАО «Муниципальная ТЭЦ» г. Санкт-Петербурга. Оптимизация проводилась прогрессивным методом (на основе нормативных документов) и пропорциональным методом (изменение численности персонала пропорционально изменению мощности станции) [1]. Для этого были изучены действующие нормативные документы и проведен анализ исходных данных, представленных для ЦОТЭнерго от ТЭЦ. В основу самого расчета заложен нормативный метод и метод интерполяции, с помощью которого была найдена нормативная численность по каждому структурному подразделению и аппарату управления. На основе штатного расписания рассчитан ФОТ персонала с учетом степени оплаты труда и тарифного коэффициента.

Анализ показал, что прогрессивный метод позволяет: 1) снизить нормативную численность персонала на 363 чел., а ФОТ на 36 млн руб.; 2) уменьшить количество человек на 1 МВт выработанной энергии с 1,466 до 0,74 чел/МВт; 3) удельный ФОТ снижается на 4967 руб/чел.

Применение прогрессивного метода повышает эффективность использования трудового потенциала работников и позволяет качественно изменить кадровый состав. В результате это способствует уменьшению затрат на содержание персонала, что ведет за собой снижение тарифов на электро- и теплоэнергию.

Литература

1. **Методика** определения оптимальной численности персонала исполнительного аппарата распределительных сетевых компаний. М., 2005.

*Ш.А. Исмоилов, студ.; рук-ли А.Д. Ахророва, д.э.н., проф.
(ТТУ, Душанбе); А.Н. Роголёв, к.т.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ В СООРУЖЕНИЕ ГЭС (РЕСПУБЛИКА ТАДЖИКИСТАН)

Эффективное управление инвестиционной деятельностью требует комплексного подхода, что обеспечивается посредством формирования инвестиционной политики. Большое значение имеют факторы, оказывающие влияние на реализацию инвестиционной деятельности, а также механизм их воздействия. Необходимо учитывать всю совокупность факторов, так как только в этом случае можно эффективно управлять инвестиционной деятельностью и достигать поставленных целей. В этой связи выявление наиболее значимых факторов и закономерностей их влияния на инвестиционную деятельность является весьма актуальной задачей как с научной, так и с практической точки зрения [1].

Настоящая работа посвящена исследованию факторов и условий, влияющих на эффективность капитальных вложений в гидроэнергетические объекты.

Исследование имеет особую актуальность для Республики Таджикистан, в структуре генерирующих источников которой максимальный удельный вес занимают гидроэлектростанции.

В работе выполнен анализ мировой и отечественной энергетики, выявлены основные проблемы, важнейшей из которой является эффективность капитальных вложений в действующие и строящиеся энергетические объекты. Рассмотрены ГЭС крупной, средней и малой мощности, для которых выполнены расчеты по оценке совокупных экономических потерь от неэффективного использования установленной мощности.

На основе полученных данных рассчитан экономический ущерб энергохолдинга «Барки Точик» от холостых сбросов воды на Сангтудинской ГЭС-1, который составляет 38 711 730 долл. США за период эксплуатации ГЭС с 2009 года.

Проведенные исследования показали, что для повышения эффективности использования установленной мощности существующих, а также новых ГЭС необходимо создание регионального рынка электрической энергии, а также определение эффективности МГЭС на стадии проектно-исследовательских работ.

Литература

1. **Сергеев И.В., Веретенникова И.И.** Экономика организаций (предприятий): учеб. / под ред. И.В. Сергеева. — 3-е изд., перераб. и доп. М.: ТК Велби, Изд-во «Прспект», 2005. 560 с.

Ж.М. Кажгалиева, Л.В. Тихоненко, студенты;
рук. А.А. Гаврилова, к.т.н., доц. (СамГТУ, г. Самара)

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЕНЕРИРУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Важными задачами являются повышение эффективности генерации энергии, улучшение использования всех видов производственных ресурсов.

В данной работе исследована эффективность работы энергетического предприятия — Самарской ГРЭС на основе математического моделирования.

В соответствии с этим были построены модели в форме неоднородных производственных функций с учетом научно-технического прогресса (НТП). В качестве входных величин взяты три вида базовых ресурсов энергопроизводства: материальные $K(t)$, трудовые $L(t)$ и топливные $T(t)$. За выходные величины приняты производство электрической $Y_e(t)$ и тепловой энергии $Y_t(t)$ и суммарное количество произведенной энергии $Y_s(t)$.

Трехфакторная неоднородная производственная функция была представлена в мультипликативной форме [1]:

$$Y(t) = AK(t)^\alpha L(t)^\beta T(t)^\gamma e^{\tau t}, \quad (1)$$

где α , β и γ — коэффициенты эластичности по ресурсам; A — масштабный параметр, характеризующий интегральную эффективность, τ — параметр НТП.

Значения коэффициентов модели определены методом наименьших квадратов по фактическим данным функционирования энергосистемы в 1990—2013 гг. Для оценки качества моделей были определены коэффициенты детерминации, значимые по F-статистике, среднее квадратичное отклонение, критерии Дарбина—Уотсона, определяющие прогнозные возможности модели.

С помощью полученной модели проанализирована эффективность работы и использования ресурсов СамГРЭС.

Литература

1. Гаврилова А.А. Комплексный анализ эффективности использования капитальных, трудовых, топливных и водных ресурсов генерирующего предприятия. // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2012. №1 (33). С. 178—183.

М.В. Калинина, студ.; рук. Д.В. Никифорова, асс. (НИУ «МЭИ»)

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РАПСА КАК БИОТОПЛИВА ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ СПК «ПТИЦЕФАБРИКА ГОРНОМАРИЙСКАЯ»

На территории Республики Марий Эл (РМЭ) в действующих схемах энергоснабжения находится 18 трансформаторных подстанций, по различным причинам не имеющих собственника, но по-прежнему используемых для передачи электроэнергии потребителям. Также в системе теплоснабжения Ростехнадзором республики выявлено 5,8 км бесхозных тепловых сетей. Их техническое состояние является неудовлетворительным. Сбой на любом участке отражается на работе всей сети, поэтому сегодня необходима такая система эксплуатации, которая бы предполагала единую ответственность и управление всей электро- и теплосетевой инфраструктурой на территории РМЭ. Возможность перехода к альтернативным источникам энергии диктуется отсутствием собственных источников электро- и теплоэнергии; основная потребительская мощность поступает в Республику Марий Эл от соседей: республик Чувашия, Татарстан и Нижегородской области [1].

В представленной работе проанализирована возможность использования альтернативного источника энергии, такого как рапс, в качестве биотоплива для энергоснабжения СПК «Птицефабрика горномарийская». На территории РМЭ из 56 758 га пашенных земель не обрабатывается (свободно) 38 649 га земель. Возможно использование этой свободной земли для выращивания рапса.

Проведено технико-экономическое обоснование использования рапса как биотоплива для энергоснабжения предприятия. Себестоимость единицы произведенной тепловой энергии при использовании рапса дешевле регионального тарифа на тепловую энергию на 21 %, что соответствует 1050,68 руб/Гкал, а единицы электрической единицы — на 31 % (1,2 руб/(кВт·ч)). Период окупаемости проекта составляет 8 лет и 3 месяца с учетом значительных капитальных вложений на приобретение оборудования и строительство мини-ТЭЦ, а также с учетом затрат на выращивание и сбор рапса. Себестоимость единицы произведенного биодизельного топлива для автопарка предприятия дешевле на 75 % тарифа по региону на дизельное топливо и составила 6,05 руб/л.

Использование ВИЭ способствует улучшению окружающей среды и повышению энергетической безопасности региона.

Литература

1. **Вести Кузьмы** и Дамиана // Региональная газета. 2014. № 218.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТОПЛИВОСНАБЖЕНИЯ ЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ

Значительная часть источников тепловой энергии территориальных образований используют в качестве основного топлива природный газ, транспортируемый посредством систем газораспределения.

Низкая эффективность действия систем газораспределения увеличивает себестоимость транспортировки газа и производимой энергоисточником тепловой энергии.

Рассмотрена задача определения комплексной эффективности систем газораспределения территориальных образований на примере двадцати семи муниципальных районов и семи городских округов Самарской области на основе таких частных критериев, как: уровень газификации территориального образования, количество газифицированных и негазифицированных населенных пунктов, численность обслуживающего персонала, протяженность существующих газопроводов, количество водонагревательных и отопительных агрегатов, численность населения [1].

Анализ сравнительной эффективности систем газораспределения территориальных образований проводился на основе метода Data Envelopment Analysis (DEA), позволяющего формировать обобщенные критерии, определять веса частных критериев при минимальном использовании субъективного фактора в ранжировании показателей.

С использованием метода DEA сформированы модели обобщенной оценки газообеспечения и эффективности использования газового топлива. Результаты расчета показали, что важным направлением повышения эффективности систем топливоснабжения энергоисточников является техническое перевооружение существующих сетей газораспределения и сооружение новых; при формировании программ и планов газификации необходимо отдавать предпочтение территориальным образованиям с показателем эффективности ниже базового района с нормативными характеристиками газоснабжения [1].

Разработанная методика многокритериального оценивания эффективности газоснабжения территориальных образований, позволяет принять необходимые управленческие решения по улучшению работы систем газораспределения и снизить себестоимость транспортировки газа.

Литература

1. Дилигенский Н.В., Немченко В.И., Посашков М.В. Системный анализ и многокритериальное оценивание энергоэффективности систем газоснабжения административно-территориальных образований // Газовая промышленность. 2012. № 12. С. 51—54.

К.М. Колдашова, студ.; рук. А.Ю. Амелина, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА НА ПРИМЕРЕ КРАСНОЯРСКОЙ ГРЭС-2

Оптимизация численности персонала подчинена стратегии компании, обеспечению ее экономической и социальной эффективности. Поэтому оптимальным будет такой состав персонала в количественном и качественном отношении, который в состоянии реализовать ее стратегию и основные задачи, обеспечить капитализацию и прибыльность, стабильность, гибкость и адаптивность, а также высокую удовлетворенность работников трудом и пребыванием в коллективе предприятия. Выбранная тема достаточно актуальна, поскольку грамотное планирование численности персонала способно сократить издержки и увеличить объем выручки на предприятии, а следовательно, повысить экономическую эффективность бизнеса, т.е. его рентабельность.

Целью работы является изучение теории и практики оптимизации численности персонала на энергетическом предприятии. Результатом работы является расчет численности персонала и рекомендации по ее оптимизации на существующем предприятии Красноярской ГРЭС-2.

В работе проведен анализ штатного расписания по расстановке эксплуатационного персонала (рабочих, руководителей, специалистов и служащих производственных подразделений), определено соответствие численности промышленно-производственного персонала утвержденным нормативам.

На основании результатов проведенного анализа делаются выводы и даются рекомендации. Рекомендуется в котлогурбинном цехе № 1 (КТЦ-1) укомплектовать рабочие места машиниста обходчика котельной, машиниста обходчика турбин и слесаря по норме 5 чел. на 1 рабочее место, так как графики работ с использованием 5-вахтовых смен при 8-часовом рабочем дне более благоприятны для режима труда и отдыха, чем ранее применяемые графики работ. Необходимо увеличить численность персонала с 131 до 145 чел. Старшего машиниста КТЦ-1 назначить третьим начальником смены КТЦ.

Результатом работы является оптимизация численности персонала на Красноярской ГРЭС-2 с указанием категории работников, численность которых может быть уменьшена без снижения надежности и экономичности работы ГРЭС, и промышленно-производственного персонала электростанции, численность которого должна соответствовать нормативным требованиям.

Литература

1. **Алексеева М.М.** Планирование деятельности фирмы: учебно-методическое пособие. М.: ЮНИТИ, 2007.

А.О. Кутузова, студ.; рук. В.К. Лозенко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЭКОНОМИИ ОТ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ

В последние годы задача повышения энергоэффективности предприятий вызывает интерес не только со стороны государства, но и со стороны производителей, нацеленных на повышении эффективности своего производства.

Экономия за счет проведения энергоэффективных мероприятий оценивается по совокупной стоимости владения объектами основных средств. В свою очередь, совокупная стоимость владения складывается из стоимости приобретения основного средства и расходов на его эксплуатацию (в том числе и на оплату энергоресурсов). Объектом применения методики выбрана ТЭС, так как ее функционирование характеризуется высокой капиталоемкостью. Если расчет окупаемости [1] при использовании энергоэффективного оборудования по истечении определенного времени покажет более низкие общие затраты (за счет экономии на энергоресурсах), чем с обычным оборудованием, то целесообразным будет выбор энергоэффективного оборудования.

В качестве новой возможности увеличения эффективности применения энергоэффективного оборудования в методике должны быть приняты во внимание нормативные акты Правительства РФ, которые предусматривают [2]: увеличение расходов в виде амортизационных отчислений в налоговом учете, в относящихся к основным средствам с высокой энергоэффективностью; уменьшение налоговых платежей за счет изменения срока уплаты налога.

Воспользоваться данными преференциями могут лишь те организации, чье энергопотребляющее оборудование входит в перечень объектов и технологий Постановления Правительства РФ № 600 от 17.06.2015.

Таким образом, внедряя энергоэффективное оборудование на ТЭС, можно сэкономить на энергоресурсах и получить льготы, которые позволят снизить налоги и сроки амортизационных отчислений.

Литература

1. **Лозенко В.К.** Система энергетического менеджмента в электросетевом комплексе / В.К. Лозенко, А.Е. Муров, В.Э. Воротницкий и др. Красноярск: ООО ИПК «Платина», 2014. 212 с.

2. **Лозенко В.К.** Построение системы индикаторов энергоэффективности организации и практика их расчета по критериям постановлений Правительства РФ / В.К. Лозенко, Д.В. Михеев // Транспортное дело России. М., 2015. № 3. С. 124—129.

Н.И. Мартынова, студ.; рук. А.Ю. Амелина, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ЭНЕЛ ОГК-5»

Вопросы оценки эффективности деятельности предприятия никогда не теряли своей актуальности, еще острее они звучат в условиях усиливающейся конкурентной борьбы. Знание уровня производственного потенциала дает возможность принимать своевременные и экономически целесообразные решения по управлению производством и предприятием в целом, влияющие на его текущее и перспективное состояние.

Целью работы является изучение теории и практики оценки производственного потенциала предприятия (ППП). Оценка производственного потенциала предприятия рассчитывается на основе выбранной методики ABC-анализа. Уровень производственного потенциала определяется по трем различным составляющим потенциала: производственной, материальной и кадровой [1].

Расчетный этап включает в себя следующие действия:

1. На основе исходных данных определяются значения коэффициентов по составляющим ППП в целях присвоения соответствующих баллов.
2. Суммируются баллы по составляющим ППП.
3. Определяется характеристика ППП в зависимости от полученных баллов и значимости составляющей потенциала.

Выбор основных показателей, составляющих ППП, для проведения ABC-оценки сделаем на основании «Матрицы парного сравнения». На рассматриваемом предприятии особую значимость имеет материальная составляющая ППП.

По итогам расчета предприятию можно присвоить средний уровень производственного потенциала (В): предприятие успешно функционирует в своей отрасли, однако некоторые значения показателей, составляющих ППП, не позволяют ОАО «Энел ОГК-5» быть в состоянии абсолютного равновесия по всем критериями оценки и выйти на высокий уровень (А).

В целях увеличения производственного потенциала предприятия были предложены следующие мероприятия:

1. Привлечение масштабных инвестиций для увеличения производственного потенциала.
2. Обеспечение стабильного долговременного характера поставок топлива, в том числе через совместное владение компаниями — независимыми производителями и поставщиками газа.

Литература

1. **Дубинина Н.А.** Производственный потенциал промышленного предприятия и методы его оценки // Вестник АгТУ. Сер. «Экономика». 2009. № 1.

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ г. РОШАЛЬ

Актуальность работы обоснована тем, что состояние систем теплоснабжения в России зачастую неутешительно: коммуникации стареют, а капитальные ремонты не проводятся в достаточном объеме. В результате происходят повреждение тепловой изоляции, коррозия трубопроводов и повышаются потери тепловой энергии при передаче.

Цель работы — повышение качества теплоснабжения жилого района г. Рошаль Московской области. Анализ системы теплоснабжения [1] показал, что существующая котельная не способна обеспечивать качественное теплоснабжение потребителей города, так как она находится на значительном расстоянии от потребителей и имеет в своем составе мощности по выработке пара производственных параметров, на который в настоящее время нет спроса. Кроме того, долгое время не проводился ремонт оборудования и тепловых сетей. Следствием являются высокие потери тепловой энергии [2] и аварийность в коммунальных сетях, постоянные жалобы жителей на холод в домах и отсутствие горячей воды. Для решения проблемы было предложено два варианта: 1) реконструкция существующей котельной и всех тепловых сетей; 2) строительство двух новых котельных в городе на минимальном удалении от потребителей и реконструкция части тепловых сетей.

На основании критерия минимума суммарных дисконтированных затрат был выбран второй вариант (табл. 1). Для данного варианта были рассчитаны значения чистого дисконтированного дохода (39,5 млн руб.), индекса доходности (1,1), внутренней нормы доходности (13 %), дисконтированного срока окупаемости (9 лет 8 мес.), что свидетельствует об экономической эффективности этого варианта.

Таблица 1

Суммарные дисконтированные затраты

Вариант	ΣZ_d , млн руб.
Реконструкция существующей котельной	353
Строительство двух новых котельных	344

Таким образом, рекомендуется закрытие существующей котельной и строительство двух новых источников тепловой энергии.

Литература

1. **Соколов В.Я.** Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. — 7-е изд., стереотип. М.: Издательство МЭИ, 2001. 472 с.

2. **Приказ** Минэнерго России от 30.12.2008 № 325 «Об утверждении порядка определения нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии, теплоносителя» (зарегистрирован в Минюсте России 16.03.2009 №13513).

У.А. Мехрабонов, студ.; рук. А.Д. Ахророва, д.э.н., проф.
(ТТУ, Таджикистан, НИУ «МЭИ»)

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ЕГО ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Запасы традиционных энергоресурсов (нефть, газ, уголь) не бесконечны, как и запасы ядерного топлива.

Республика Таджикистан богата гидроресурсами. Во всем центрально-азиатском регионе потенциал электроэнергии составляет 554,5 млрд кВт·ч. Из них 525 млрд кВт·ч. находятся в Таджикистане. В зимний период страна испытывает значительный дефицит электроэнергии (2,2—2,5 млрд кВт·ч) и вынуждена вводить ограничения по поставкам, которые особенно сильно отражаются на сельском населении, составляющем не менее 70 % населения страны. Ежегодно по причине ограничения подачи электроэнергии в сельской местности потеря урожайности сельскохозяйственной продукции составляет около 30 %. В то же время в летний период подача электроэнергии наиболее надежная, так как в это время года имеется избыток электроэнергии в объеме 3—7 млрд кВт·ч [1].

Закрытые мощности на малых ГЭС (из-за отсутствия воды) и холостые сбросы на Нурекской ГЭС уменьшают число часов использования установленной мощности в результате недовыработки электроэнергии (нанесение ущерба энергокомпании из-за отсутствия рынка сбыта) [2].

В стране существуют: низкая эффективность использования энергии, высокая энергоемкость ВВП, большие потери (30—32 %), недостаточное использование потенциала солнечной и ветровой энергии, низкая эффективность использования потенциала энергосбережения (износ основных средств), низкая культура энергопотребления, низкие тарифы для энергоемкого и населения, высокие тарифы для коммерческих структур.

Выходом из сложившейся ситуации могут стать:

- наращивание экспортного потенциала, который может быть реализован за счет строительства ЛЭП CASA-1000;
- увеличение спроса на внутреннем рынке в весенне-летний период за счет изменений в тарифной политике;
- восстановление энергосистемы Центральной Азии (ЦА) и организация центральноазиатского рынка электроэнергии.

Литература

1. Филдс Д., Кочнакян А. Энергетический кризис в Таджикистане в зимний период. URL: www.worldbank.org.
2. Ахророва А.Д., Аминджанов Р.М., Доронкин К.А. Энергетика Таджикистана. Душанбе, 2005.

Е.В. Михайлова, студ.; рук. В.В. Бологова, доц. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ТЭС ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ОМСКОГО НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА

Целью работы являлось обоснование инвестиций, направленных на строительство собственной ТЭС Омского нефтеперерабатывающего завода ОНПЗ для покрытия собственных нужд. Были решены следующие задачи: анализ структуры энергопотребления ОНПЗ; выбор схемы и оборудования тепловой электростанции, расчет основных технико-экономических показателей станции; оценка экономической эффективности проекта.

В качестве тепловой схемы выбрано строительство дубль-блочной ПГУ-ТЭЦ бинарного цикла. Парогазовые установки создаются путем объединения паросиловых (ПСУ) и газотурбинных установок (ГТУ). КПД объединенной установки получается выше, чем у ПСУ и ГТУ, из которых она состоит; также при строительстве ПГУ достигается ряд конструктивных преимуществ, которые удешевляют установку [1].

Расчет ТЭП станции проводился в программном комплексе «Проектировщик ПГУ». Удельные расходы топлива рассчитаны в соответствии с п. 39 «Инструкции по организации в Минэнерго России работы по расчету и обоснованию нормативов удельного расхода топлива на отпущенную электрическую и тепловую энергию от тепловых электрических станций и котельных», утвержденной Приказом Минэнерго РФ от 30.12.2008 г. № 323. Себестоимость выпущенной электрической энергии на ПГУ-ТЭЦ составила 1,32 руб/(кВт·ч), тепловой энергии — 686,46 руб/Гкал. Была проведена оценка экономической эффективности проекта. Интегральные показатели эффективности инвестиций в строительство ПГУ-ТЭЦ свидетельствуют о привлекательности проекта, а именно: чистый дисконтированный доход составляет 4,94 млрд руб.; дисконтированный срок окупаемости с начала эксплуатации составляет 8 лет 5 месяцев при сроке эксплуатации станции 20 лет; внутренняя норма доходности составляет 15,8 %.

Основываясь на проведенных экономических расчетах, был сделан вывод о том, что осуществление инвестиций в строительство собственной ТЭС Омским нефтеперерабатывающим заводом является оправданным.

Литература

1. **Соколов Е.Я.** Теплофикация и тепловые сети : учебник для вузов. — 7-е изд., стереот. М.: Издательство МЭИ, 2001. 472 с.

Д.В. Михеев, асп.; А.А. Наумова, студ.; рук-ли Д.С. Курочкин, к.э.н., доц.; С.Ю. Останин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕНЕРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Перспективным направлением по обеспечению устойчивого развития промышленных предприятий является использование собственных генерирующих мощностей на основе энергоустановок малой мощности (до 25 МВт) [1, 2]. Следовательно, существует актуальная задача анализа рынков малого генерирующего оборудования и оценки эффективности его применения в системах энергоснабжения промышленных предприятий.

В рамках поставленной задачи авторы провели:

- исследование мирового и российского рынков генерирующего оборудования на органическом топливе по данным Diesel & Gas Turbine Worldwide Power Generation Order Survey и компании Abercade [2];
- анализ проблем и перспектив развития малой энергетики РФ;
- технико-экономический анализ паротурбинных, газотурбинных, парогазовых установок и установок на базе ДВС мощностью 10 МВт с помощью показателей *ITL*, *IFL*, *ISL* и *ILC* (интегральные технический, финансовый, сервисный уровни и уровень конкурентоспособности) [1];
- технико-экономический анализ энергоустановок на базе ВИЭ (фотоэлектрические станции, ветроэнергетические, гелиоколлекторные и тепловые насосные установки) на примере Республики Казахстан с использованием методики специализированного учреждения по промышленному развитию Организации Объединенных Наций — ЮНИДО.

Полученные теоретические и практические результаты работы целесообразно использовать при реализации инвестиционных проектов по вводу собственных генерирующих мощностей на промышленных предприятиях. Таким образом, на основе проведенного исследования могут быть выработаны универсальные рекомендации по повышению энергоэффективности, экологичности и надежности функционирования генерирующего оборудования.

Литература

1. Курочкин Д.С., Михеев Д.В. Методический подход к определению уровня конкурентоспособности газопоршневых энергоустановок для различных условий эксплуатации предприятий // Вестник ЮРГТУ (НПИ). Серия «Социально-экономические науки». 2014. № 4. С. 4—10.
2. Михеев Д.В., Шабалин И.С. Экономические перспективы развития малой энергетики РФ на основе когенерационного оборудования // Сборник научных трудов «Актуальные вопросы современной науки». Вып. 18. Новосибирск: ООО Издательство «СИБПРИНТ», 2014. С. 237—249.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА РЕКОНСТРУКЦИИ ТЭЦ

Существующие системы энергоснабжения городов, базирующиеся на крупных паротурбинных ТЭЦ, постепенно деградируют в результате увеличения количества физически и морально изношенного оборудования [1]. Замедление темпов технического перевооружения станций и сетей вызывает снижение надежности энергоснабжения, приводит к увеличению затрат на ремонтное обслуживание и, как следствие, к росту тарифов на энергоносители.

В сложившихся условиях необходимо находить рациональные и эффективные решения проблем энергоснабжения потребителей путем реконструкции и модернизации с использованием передовых технологий, обеспечивающих минимизацию финансовых ресурсов, повышение энергетической и экономической эффективности.

Целью работы является экономическое обоснование проекта реконструкции Сакмарской ТЭЦ. Для модернизации используется турбоагрегат Т-180-130, при этом увеличивается выработка энергии, КПД, уменьшаются вредные выбросы в окружающую среду.

Проведена оценка экономической эффективности проекта, основные показатели приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Показатели эффективности проекта

Показатель	Сумма
Капитальные вложения, млн руб.	4474,64
Удельный расход топлива (нетто) на выработку электроэнергии, г у.т/(кВт·ч)	261,35
Удельный расход топлива (нетто) на выработку тепла, кг у. т/ГДж	40,3
Себестоимость электроэнергии, коп/(кВт·ч)	208,76
Себестоимость теплоты, руб/ГДж	340,98
Чистый дисконтированный доход, млн руб.	2641,64
Срок окупаемости, лет	5,5
Внутренняя норма доходности, %	33
Индекс доходности	1,58

Данный проект является не только актуальным, но и экономически выгодным, что доказывают все вышеперечисленные показатели.

Литература

1. **Экономика** энергетики: учебное пособие для вузов / Н.Д. Роголёв, А.Г. Зубкова, И.В. Мастерова и др. М.: Издательство МЭИ, 2008.

ВЫБОР СХЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ЖИЛОГО РАЙОНА К СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Комфортная жизнедеятельность людей, безусловно, связана с различными инженерными системами, одной из которых является система теплоснабжения. Задача обеспечения потребителей тепловой энергией зачастую имеет несколько возможных вариантов решений. Из всех возможных вариантов подключения к системе теплоснабжения, которые отвечают всем требованиям надежности и безопасности, целесообразно делать выбор в пользу того, который обладает наибольшим экономическим эффектом [1].

Целью работы являлся выбор оптимального варианта подключения жилого микрорайона в городе Люберцы к системе теплоснабжения. Были рассмотрены две возможные схемы подключения [2]:

1. Теплоснабжение от районной тепловой станции (РТС), находящейся на балансе ОАО «МОЭК» (покупка тепла и дальнейшая передача потребителям) (вариант 1).

2. Теплоснабжение от районной котельной (с учетом необходимости увеличения мощности котельной) (вариант 2).

На основании проведенных расчетов был сделан выбор в пользу теплоснабжения микрорайона от РТС, находящейся на балансе ОАО «МОЭК». Основным критерием выбора стал минимум суммарных дисконтированных затрат (табл. 1).

Таблица 1

Суммарные дисконтированные затраты

Вариант	$\Sigma_{д}$, млн руб.
1. Теплоснабжение от РСТ	290,629
2. Теплоснабжение от районной котельной	361,540

Для выбранного варианта № 1 были также рассчитаны значения чистого дисконтированного дохода (14,251 млн руб.), индекса доходности (1,32), внутренней нормы доходности (16,3 %), дисконтированного срока окупаемости (11 лет):.

На основании полученных результатов был сделан вывод об экономической эффективности выбранного варианта схемы подключения.

Литература

1. **Энергосбережение** в теплоэнергетике и теплотехнологиях / О.Л. Данилов, А.Б. Горяев, И.В. Яковлев и др.; под редакцией А.В. Клименко. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. 424 с.

2. **База** законов: правила теплоснабжения в Московской области [электронный ресурс]. Режим доступа <http://bazazakonov.ru> (дата обращения 19.03.2015 г.)

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В настоящее время проблема обеспечения рационального и эффективного использования энергетических ресурсов в промышленном секторе в современных условиях приобретает для России все большую актуальность в контексте одной из приоритетных целей — достижение к 2020 году снижения энергоёмкости ВВП Российской Федерации на 40 %.

В РФ представляется одной из наиболее актуальных и недостаточно исследованных проблем необходимость проведение активной политики энергосбережения в российской металлургии, связано это с тем, что большое количество энергоресурсов расходуется нецелесообразно, а КПД оборудования в некоторых случаях низкий. В настоящее время на производство и обработку металлов в нашей промышленности приходится более половины энергозатрат из общего потребления.

Теплота раскаленного кокса в России и за рубежом используется в установках сухого тушения кокса (УСТК) для выработки пара энергетических параметров (3,9 МПа и 440 °С) в их котлах-утилизаторах. Выработка пара достигает примерно 400 кг/т кокса. При этом эффективность использования теплоты топлива, которое расходуется на обжиг кокса, увеличивается на 40 % [1].

Методологические предпосылки исследований состоят в том, что УСТК не только обеспечивают экономию энергоресурсов, но и улучшают качество кокса за счет исключения из него влаги и увеличения твердости в сравнении с коксом, который тушился водой. В отечественной металлургии пар от УСТК направляется на приводные паровые турбины с противодавлением пара 0,8—1,2 МПа. Пар после турбин предусмотрено использовать для технологических нужд коксохимического производства и других объектов комбината.

В любом случае существует необходимость исследований экономических эффектов от утилизации ВЭР и эффективности их использования за счет экономии первичного топлива.

Разработка модели формирования экономических эффектов технологии УСТК и рассмотрение ее как энергосберегающего мероприятия необходимо для корректной оценки экономических эффектов, возникающих при внедрении этой технологии. Моделирование эффектов требуется для оценки денежных потоков проекта внедрения и, в конечном итоге, экономической эффективности этой технологии.

Литература

1. **Черноусов П.И.** Аналитический обзор — ВЭР черной металлургии // Металлургия: инженерная экология. 2013. № 3 (16).

ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ ТУРБИН МОГИЛЕВСКОЙ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ № 1

Актуальной задачей является повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и надежности тепло- и электроснабжения коммунально-жилого сектора, промышленных предприятий и административно-бытовых зданий и сооружений юго-западного района г. Могилева РБ Беларусь в виде пара для производственных нужд промышленных предприятий.

Целью проекта является изучение теории и практика оценки эффективности инвестиционных проектов в области энергетики.

Результатом работы является расчет эффективности инвестиционного проекта реконструкции турбин (станционных № 3 и № 4) с применением современных парогазовых технологий в г. Могилев (табл. 1) [1].

Максимальная располагаемая электрическая мощность турбоагрегатов Могилевской ТЭЦ-1 составляет 21 МВт. Установленная тепловая мощность турбин — 149 Гкал/ч. В связи со значительным физическим износом технологического оборудования станции предусматривается ее поэтапная реконструкция. В результате реализации 1-й очереди проекта будет введена дополнительная мощность 25 МВт, и суммарная мощность Могилевской ТЭЦ-1 составит 46 МВт. Реконструкция существующих мощностей будет осуществляться в рамках 2-й очереди после 2015 года. Конкретные сроки и источники финансирования по второй очереди будут определены после принятия очередной пятилетней программы развития энергосистемы.

Таблица 1

Показатели эффективности проекта

Показатели	Значение
Чистый дисконтированный доход	4,36 млн долл.
Внутренняя норма доходности (ВНД)	7,1 %
Простой срок окупаемости проекта	15,67 лет
Индекс рентабельности	1,08
Динамический срок окупаемости проекта	21,75 лет

В результате проведенной работы можно сделать вывод о достаточной эффективности анализируемого проекта. Срок окупаемости для проекта такого масштаба считается вполне приемлемым.

Литература

1. **Щевьёва В.А.** Финансирование инновационных проектов и экономическая оценка инвестиций: учеб. пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 232 с.

А.М. Титова, студ.; рук. Д.Г. Шувалова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНЦЕССИОННЫХ СОГЛАШЕНИЙ НА ВЕЛИЧИНУ ТАРИФА НА ТЕПЛО

В современной России остро стоит проблема износа фондов. В среднем по России физический износ теплоэнергетического оборудования превышает 60 % [1], значительное количество котельных, энергоблоков ТЭЦ и тепловых сетей работают в зоне повышенного аварийного риска. Средств, выделяемых местными и региональными бюджетами для устранения данных проблем, недостаточно, как и опыта осуществления крупных инвестиционных проектов. Одним из вариантов привлечения дополнительных средств и повышения эффективности управления государственным имуществом является наиболее комплексная форма государственно-частного партнерства — концессионные соглашения [2].

Актуальность данной работы обусловлена острой необходимостью увеличения темпов модернизации и реконструкции теплоэнергетики, ориентацией Энергетической стратегии на период до 2035 года на качественное обновление энергетического сектора, ростом количества заключенных концессионных соглашений в России, совершенствованием концессионного законодательства.

Оценка влияния концессионных соглашений на величину тарифа на тепло была проведена на муниципальной котельной, полученной от обанкротившегося промышленного предприятия. Тариф на тепловую энергию был рассчитан методами индексации установленных тарифов и обеспечения доходности инвестированного капитала (RAB — метод). В результате расчетов получено, что тариф, рассчитанный при помощи RAB-метода (1385,66 руб/Гкал), на 3,7 % больше тарифа, рассчитанного методом индексации (1334,2 руб/Гкал). Также выявлено, что при заключении концессионного соглашения на величину тарифа в первую очередь оказывают влияние условия соглашения.

По результатам исследования сделан вывод, что использование концессионных соглашений в теплоэнергетике принесет наибольший эффект в регионах, где местные и региональные органы власти имеют наибольшую заинтересованность в передаче объектов теплоэнергетики частному сектору, концессии могут оказаться эффективным инструментом решения проблем в современной теплоэнергетике.

Литература

1. **Централизованное** теплоснабжение в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://aqua-therm.ru/articles/articles_246.html (Дата обращения: 14.10.15)

1. **Варнавский В.Г.** Государственно-частное партнерство: теория и практика. М.: Изд. дом Гос. ун-та — Высшей школы экономики, 2010.

А.С. Филимонова, студ.; рук. В.А. Щевьёва, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ ДОГОВОРА ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ВНУТРИПЛОЩАДОЧНЫХ ДОРОГ НА ТЭЦ-20 НА ПРИМЕРЕ ЗАО «ЭНЕРГОСПЕЦСТРОЙ»

Тема данной работы является актуальной, поскольку до заключения договора о выполнении строительно-монтажных работ руководитель суб-подрядной организации должен ответить не только на вопрос о том, какими силами он будет выполнять этот договор, но и разработать схему финансирования и оценить доходность проекта [1].

Целью данной работы является разработка схемы финансирования договора по строительству внутриплощадочных дорог для нового энергоблока мощностью 420 МВт на ТЭЦ-20 на примере договора ЗАО «Энергоспецстрой» и ОАО «ТЭК Мосэнерго».

Для достижения поставленной цели был проделан необходимый комплекс работ: изучены различные источники финансирования проекта, определен необходимый объем денежных средств для реализации проекта, рассчитаны денежные потоки на основе графика производства работ.

В результате был выявлен дефицит денежных средств у предприятия. Возник вопрос о дополнительном финансировании проекта. Для выбора варианта финансирования был проведен сравнительный анализ следующих альтернатив:

- 1) выпуск облигаций и векселей;
- 2) факторинг и кредитование у коммерческого банка или у поставщиков;
- 3) покупка техники в кредит или с помощью лизинга;
- 4) смешанная схема финансирования.

В итоге найдена наилучшая схема финансирования договора, которая была бы целесообразна для данного предприятия.

Согласно расчетам, наилучшей схемой для предприятия стала смешанная схема финансирования, заключающаяся в следующем:

1. Все необходимые для строительства материалы предприятие будет закупать у одного поставщика с отсрочкой платежа под 18 % годовых на срок до двух календарных месяцев.
2. Техника, включая экскаватор, будет взята в аренду, а арендные платежи будут оплачены за счет банковского кредита под 20 % годовых.
3. Прочие затраты следует покрыть также за счет банковского целевого кредита под 20 % годовых.

Литература

1. **Непомнящий Е.Г.** Экономическая оценка инвестиций: учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. 292 с.

Е.П. Шабрин, студ.; рук. В.А. Щевьёва, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ СТАНЦИИ НА ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА «ШАТУРСКАЯ ГРЭС» ОАО «Э.ОН РОССИЯ»

Одной из важных проблем российской энергетики является быстрый рост энергопотребления при эксплуатации физически устаревшего оборудования, которое выработало свой парковый ресурс, что приводит к работе с низкой тепловой экономичностью и требует больших затрат. Главное направление развития энергетического сектора экономики — повышение энергоэффективности [1—3].

В работе рассмотрены инновационные технологии в электрогенерации, их преимущества и недостатки. Цель работы состоит в определении наиболее эффективных путей развития ОАО «Э.ОН Россия» за счет реализации инвестиционной программы по обновлению производственных мощностей путем внедрения парогазовых технологий на примере филиала «Шатурская ГРЭС». Инвестиционная программа предусматривает внедрение современной парогазовой установки с лучшими техническими показателями (КПД, расход топлива и т.д.) вместо выработавших свой ресурс энергоблоков № 1—3 суммарной мощностью 600 МВт.

Проведена оценка трех взаимоисключающих инвестиционных проектов модернизации Шатурской ГРЭС с использованием ПГУ-технологий производства Alstom, Siemens и General Electric. Наиболее эффективным оказался проект на базе оборудования компании Alstom с газовой турбиной мощностью 280 МВт, паровой турбиной мощностью 156 МВт и котлом-утилизатором ОАО «ЗиО-Подольск». В целом проект является устойчивым к влиянию различных факторов. Наибольшее влияние оказывают возможные изменения темпов роста тарифа на отпускаемую электроэнергию и объемов ее реализации. Данный проект окупается за 17,7 лет. ЧДД проекта при сроке эксплуатации, равном 30 лет, составит 5371,7 млн руб. В целом проект является эффективным и рекомендуется к реализации. В дальнейшем все устаревшие энергоблоки будут заменены на парогазовые, что обеспечит наибольшую экономическую выгоду, соблюдение жестких экологических норм и развитие компании.

Литература

1. **Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н.** Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. М.: Издательский дом МЭИ, 2009.
2. **Щевьёва В.А.** Учебное пособие по курсу «Экономическая оценка инвестиций». [Электронный ресурс]. М.: МЭИ, 2013.
3. **Мастепанов А.М., Коган Ю.М.** Повышение эффективности использования энергии. М.: Феникс, 2009.

К.В. Шершнева, студ.; рук. Д.Г. Шувалова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА ПРИМЕРЕ ООО УК «ТЭН-ДЕВЕЛОПМЕНТ»

Рынок коммерческой недвижимости за последние 5—10 лет стремительно развивался. Но в связи с внешней политикой в установившихся нестабильных условиях происходит сужение рынка. Это особенно отразилось на курсе валют, что вызвало значительное удорожание площадей коммерческой недвижимости, а также негативно отразилось на стоимости ресурсов, в том числе энергетических.

В данных условиях целью многих коммерческих организаций, управляющих коммерческой недвижимостью, стало снижение потребления ресурсов, а следствием сокращения рынка стало удорожание оставшихся площадей. Помимо роста расходов на энергетические ресурсы, произошло увеличение налогов на коммерческую недвижимость, а именно: налог берется от кадастровой стоимости (изменение базы налога), которая имеет свойство увеличиваться. Далее с каждым годом будет увеличиваться сам процент налога, взимаемый с объектов недвижимости.

Для поиска вариантов оптимизации затрат на объект был выбран торговый центр (ТЦ) «Город», основным затратами которого является расходы на природный газ, электроэнергию, воду. На основании собранных данных был проведен детальный анализ [1] имеющихся расходов. Можно сделать вывод о неэффективности использования имеющегося оборудования.

Для оптимизации был предложен следующий способ: так как в ТЦ работают 2 газо-поршневых агрегата (ГПА) и 3 котла, которые производят все тепло и только часть электроэнергии, рассмотрен вариант снижения объемов покупаемого электричества при увеличении мощности ГПА (установка работает только на 28,08 %).

После проведенного анализа расходов стал заметен положительный эффект от данных мер, а именно снижение затрат на покупку электроэнергии до 40 млн руб. в год. При этом соответственно увеличиваются другие составляющие.

Данные мероприятия могут оказать еще больший положительный эффект при увеличении мощности до 90 %. Но следует внимательно следить за повышением цен. Этот рост может сделать собственную генерацию неэффективной и негативно отразиться на использовании оборудования.

Литература

1. **Грищенко О.В.** Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000.

М.А. Шумских, студ.; рук. А.Ю. Амелина, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ПРОЕКТ СТРОИТЕЛЬСТВА СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ МОЩНОСТЬЮ 25 МВт В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Запасы минеральных ресурсов даже самых богатых стран не безграничны, поэтому вопрос использования возобновляемых источников энергии весьма актуален. Возобновляемая энергия — это энергия из источников, которые по человеческим масштабам являются неисчерпаемыми. Возобновляемую энергию получают из природных ресурсов, таких как солнечный свет, водные потоки, ветер, приливы и геотермальная теплота [1].

Цель работы — анализ эффективности инвестиционного проекта строительства фотоэлектрической солнечной электростанции мощностью 25 МВт в Оренбургской области.

Строительство Орской солнечной электростанции предполагается на участке площадью в 80 га, который находится на северо-востоке от поселка Елшанка, на месте бывшего золоотвала ТЭЦ. Орск выбран местом для строительства сверхсовременного объекта не случайно. Выбранный регион находится в благоприятных климатических условиях. На период солнечного сияния здесь приходится свыше 2 тыс. ч в год. Солнечная электростанция будет иметь 200 тыс. солнечных панелей. Предполагается использование фотоэлектрических модулей (ФЭМ) российского производителя HV-125 ООО «Хевел» (г. Новочебоксарск).

Результатом работы является расчет эффективности инвестиционного проекта строительства солнечной электростанции мощностью 25 МВт в Оренбургской области, г. Орск (табл. 1).

Таблица 1

Показатели эффективности проекта

Показатели	Значение
Капитальные вложения, руб.	2 110 680 000
Себестоимость, руб/(кВт·ч)	1,25
Срок окупаемости	17 лет 10 мес.
ЧДД, тыс. руб.	6 901 964,542
Индекс доходности	3,27

Для проекта такого масштаба такие сроки окупаемости считаются вполне приемлемыми с учетом того, что срок службы солнечных модулей составляет свыше 30 лет.

Литература

1. **Алхасов А.Б.** Возобновляемые источники энергии. М.: Издательский дом МЭИ, 2011.

СОДЕРЖАНИЕ

НАПРАВЛЕНИЕ — ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ	3
Секция 20. Электромеханические преобразователи энергии	5
Секция 21. Физика и технология материалов и компонентов	31
Секция 22. Электротехнические и электромеханические системы и комплексы	47
Секция 23. Электрические и электронные аппараты	65
Секция 24. Электропривод и автоматика	96
Секция 25. Промышленные электротермические установки	125
Секция 26. Электрический транспорт	138
НАПРАВЛЕНИЕ — ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ	151
Секция 27. Инженерная экология	153
НАПРАВЛЕНИЕ — ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ	171
Секция 28. Экономика в энергетике и промышленности	173
Секция 29. Менеджмент в энергетике и промышленности	206
Секция 30. Информационные технологии и информационная безопасность	219
НАПРАВЛЕНИЕ — ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ	237
Секция 31. Промышленная электроэнергетика	239
Секция 32. Энергетика теплотехнологии	248
Секция 33. Процессы и аппараты промтеплоэнергетики	279
Секция 34. Энергосбережение и промышленная экология	295
Секция 35. Промышленные теплоэнергетические системы	326
Секция 36. Электрохимическая и водородная энергетика	367
Секция 37. Экономика теплоэнергетики	378

Научное издание

**РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
И ЭНЕРГЕТИКА**

**Двадцать вторая 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 29.01.16
Печать цифровая

Формат бумаги 60×84/16
Усл. п.л. 25,5

АО «Издательский дом МЭИ», 111250, Москва, Красноказарменная ул., д. 14А