

НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



XXV Международная научно–техническая
конференция студентов и аспирантов

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА



14–15 марта 2019г. МОСКВА

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "МЭИ"
АКАДЕМИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ НАУК
АССОЦИАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОТДЕЛОВ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ (АМО)
РОССИЙСКО-КИРГИЗСКИЙ КОНСОРЦИУМ ТЕХНИЧЕСКИХ
УНИВЕРСИТЕТОВ
РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ СИГРЭ
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА

ДВАДЦАТЬ ПЯТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ

14–15 марта 2019 г.

МОСКВА

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ



МОСКВА

НИУ МЭИ

2019

УДК 621.3+621.37[(043.2)]

P 154

***Мероприятие проведено при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований, Проект № 19-08-20005***

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА:
P 154 Двадцать пятая Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов
(14–15 марта 2019 г., Москва): Тез. докл. — М.: ООО «Центр
полиграфических услуг „Радуга“», 2019. — 1060 с.

ISBN 978-5-905486-47-0

Помещенные в сборнике тезисы докладов студентов и аспирантов российских и зарубежных вузов освещают основные направления современной радиотехники, электроники, информационных технологий, электротехники, электромеханики, электротехнологии, ядерной энергетики, теплофизики и электроэнергетики.

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

Ректор МЭИ Н.Д. Рогалев (председатель);
Проректор МЭИ В.К. Драгунов (сопредседатель);
Первый проректор МЭИ В.Н. Замолотчиков (сопредседатель);
Доцент Р.Р. Насыров (сопредседатель, ответственный секретарь);
Заведующий кафедрой С.А. Цырук (член оргкомитета);
Проректор МЭИ А.Е. Тарасов (член оргкомитета);
Директор ИЭТ МЭИ С.А. Грузков (член оргкомитета);
Директор ИРЭ МЭИ И.Н. Мирошникова (член оргкомитета);
Директор ИТАЭ МЭИ А.В. Дедов (член оргкомитета);
Директор ИЭЭ МЭИ В.Н. Тульский (член оргкомитета);
Директор АВТИ МЭИ В.П. Лунин (член оргкомитета);
Директор ЭнМИ МЭИ С.А. Серков (член оргкомитета);
Директор ИПЭЭФ МЭИ С.В. Захаров (член оргкомитета);
Директор ИНЭИ МЭИ А.Ю. Невский (член оргкомитета);
Директор филиала МЭИ в г. Смоленске А.С. Федулов (член оргкомитета);
Директор филиала МЭИ в г. Волжский М.М. Султанов (член оргкомитета);
Директор филиала МЭИ в г. Душанбе С.А. Абдулкеримов (член оргкомитета);
Директор Энергетического колледжа (филиал МЭИ) в г. Конаково Н.И. Файрушин (член оргкомитета).

ISBN 978-5-905486-47-0



© Авторы, 2019

© Национальный исследовательский
университет «МЭИ», 2019

Направление

РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Научный руководитель направления —
директор ИРЭ, д.т.н.,
профессор И.Н. Мирошникова

Секция 1

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОТЕХНИКИ

Руководитель секции: Карташев Владимир Герасимович

Секретарь секции: Шалимова Елена Владимировна

*Д.А. Габриелян, студ.; рук.-ли: А.Р. Сафин, к.т.н., доц.;
Р.С. Куликов, к.т.н., доц. (НИУ МЭИ, Москва)*

РАСЧЕТ ШУМОВЫХ СВОЙСТВ МАГНИТНЫХ НАНОДАТЧИКОВ ДЛЯ ПРИЕМА СВЕРХСЛАБЫХ СИГНАЛОВ

Популярность магнитных датчиков [1] растет в связи с возможностью их практического использования в широком спектре: от автомобильной электроники и промышленного энергетического оборудования до биомедицинской техники. Для приема сверхслабых магнитных сигналов, генерируемых в сердце и мозге человека необходимы датчики с высокой чувствительностью к магнитному полю при наличии помех. Традиционно в биомедицинской технике это решается использованием сверхпроводящих квантовых интерференционных датчиков (СКВИД), позволяющих измерять сверхслабые магнитные поля порядка фемтотесла. К недостаткам применения СКВИД относятся высокая цена, большие габариты устройства, использование низких температур. К альтернативным [1-2], но менее чувствительным относятся магниторезистивные туннельные датчики, работающие на основе эффектов гигантского или туннельного магнитосопротивления (ТМС).

В данной работе численно проводится расчет минимального уровня регистрируемого магнитного поля массива из $N=1000$ идентичных туннельных магниторезистивных датчиков с помощью расчета спектральной плотности мощности (СПМ) $S_N(f)$ фазового шума. Показано, что СПМ массива датчиков связана с СПМ единичного датчика $S_1(f)$ по формуле

$$S_N(f) = \frac{1}{\sqrt{N}} S_1(f), \quad (1)$$

где СПМ рассчитывается в Тл/ $\sqrt{\text{Гц}}$. Из (1) следует, что при увеличении количества элементов массива его СПМ уменьшается, а, следовательно, уменьшается и величина минимального уровня регистрируемого магнитного поля. Оптимизировав структуру массива ТМС структур и используя дополнительные схемы постобработки сигнала, можно добиться хорошего результата для магнитных кардио- и энцефалографии.

Литература

1. **P. Freitas, R. Ferreira, S. Cardoso.** Spintronic sensors. Proc. of IEEE. 2016. Vol. 104. No. 10. P. 1894-1918.
2. **K. Fujiwara, M. Oogane, A. Kanno, M. Imada, J. Jono, T. Terauchi, T. Okuno, Y. Aritomi, M. Morikawa, M. Tsuchida, N. Nakasato, Y. Ando.** Magnetocardiography and magnetoencephalography measurements at room temperature using tunnel magneto-resistance sensors. Appl. Phys. Exp. 2018. Vol. 11. No. 023001.

Э.И. Трунов, асп.; рук. В.Г. Каргашев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
НОВЫЙ МЕТОД УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

Ультразвуковая (УЗ) дефектоскопия является одним из самых распространенных методов неразрушающего контроля изделий. При этом наиболее информативным является эхо-метод, при котором излучающие и приёмные преобразователи располагаются на одной и той же стороне объекта. Эхо-метод позволяет не только обнаружить дефекты и элементы структуры объекта, но и определить их координаты. Однако, эхо-метод имеет недостатки. Из-за близкого взаимного расположения излучающих и приёмных преобразователей серьёзной помехой является электроакустическая наводка, которую трудно подавить. Кроме того, если дефект расположен в глубине объекта, то отраженный от него сигнал значительно ослабляется из-за затухания УЗ волн в среде, и обнаружить его на фоне более сильных сигналов – достаточно сложная и трудоемкая задача [1]. В настоящей работе предлагается новый метод УЗ дефектоскопии, который может быть реализован в случае, если для зондирования доступны две взаимно перпендикулярные грани объекта. На одной грани располагается решетка излучающих преобразователей, на другой – решетка приёмных преобразователей, причем излучающая и приёмная решетки располагаются взаимно перпендикулярно. Излучающие преобразователи поочередно излучают зондирующий сигнал; принятые сигналы сохраняются в памяти компьютера и затем совместно обрабатываются.

Обработка сигналов состоит в том, что принятые сигналы фокусируются поочередно в каждую точку пространства; в результате формируется изображение внутренней структуры объекта [2]. Для устранения ложных сигналов используется временное стробирование. Для борьбы с белым шумом применяются сложномодулированные зондирующие сигналы с последующей согласованной фильтрацией.

Преимуществом предлагаемого метода является сведение к минимуму влияния наводок. Кроме того, принимаемые сигналы не сильно различаются по амплитуде, поэтому не возникает проблема обнаружения слабого сигнала на фоне более сильных сигналов. Было проведено математическое моделирование, которое доказало работоспособность метода.

Литература

1. **Каргашев В.Г.** Измерение коэффициента ослабления ультразвука в материале с неоднородной структурой при одностороннем доступе // Вестник МЭИ, 2013. № 4, с. 110-114.

2. **Шалимова Е.В.** Пространственно-временная обработка широкополосных сигналов в УЗ дефектоскопии: дис. канд. тех. наук. / Московский энергетический институт, 2005 г. 162 стр.

Н.А. Озорнин, студ.; рук. В.В. Крутских, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
ВЛИЯНИЕ ИЗЛУЧАЮЩЕЙ ЩЕЛИ НА ПОЛУЭКРАНИРОВАННЫЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ВОЛНОВОД

В настоящее время активно ведутся разработки в системах телекоммуникационных сетей 5G. Исследуются явления и создаются устройства в миллиметровом диапазоне длин волн под эти задачи. Полуэкранированные диэлектрические волноводы (ПЭДВ) являются одним из возможных вариантов решения поставленных задач. Щелевые антенны на ПЭДВ представляют интерес для подобных систем по причинам их простоты изготовления, сравнительно небольшим габаритам и механической надежности [3].

В настоящей работе проведены исследования влияния щели на ПЭДВ. Выявлены закономерности, связывающие размеры щели и ее расположение (рис. 1) с параметрами матрицы рассеяния устройства [1].

Исследования данной конструкции проводились экспериментальными методами численного и физического моделирования. На первом этапе проводилось только численное моделирование, позволившее оценить и ограничить область возможных технических решений. На втором этапе для не худших вариантов были созданы физические модели и проведены измерения части из них.

В перспективе планируется исследование влияния системы щелевых облучателей на ПЭДВ, а также исследование влияния щелей на изогнутой поверхности [2].

Литература

1. **Взятышев В.Ф.** Диэлектрические волноводы. М.: Радио и связь, 1970.
2. **Гурьянов А.Ю., Крутских В.В.** Инженерный расчет и оптимизация параметров полуэкранированного диэлектрического волновода в неизлучающем режиме // Вестник МЭИ. 2017, №1, с. 92-98.
3. **J.I. Gomez-Tornero, Alejandro Alvarez Melcon, J. Pascual-Garcia.** A novel leaky-wave antenna combining an image NRD guide and a strip circuit // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2005, Volume 4, pp. 289-292.

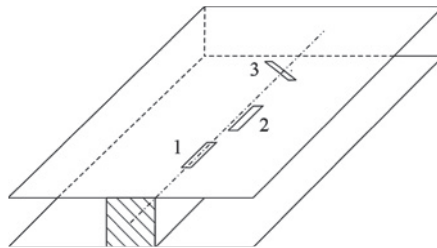


Рисунок 1 – ПЭДВ со щелями: 1 – продольная щель; 2 – продольная щель, смещенная от центра; 3 – наклонная щель.

*В.В. Серов, асп.; рук-ли Б.Л. Коган, д.т.н., с.н.с.;
В.В. Крутских, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

О ПРИМЕНЕНИИ КОНВЕРТЕРОВ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ИМПЕДАНСА В СХЕМАХ СОГЛАСОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИ МАЛЫХ АНТЕНН

В последнее время возрос интерес к исследованию и реализации схем конвертеров отрицательного импеданса (КОИ) для согласования электрически малых антенн (ЭМА). Данной тематике посвящено множество работ (см. например [1]). Дело в том, что ЭМА обладает большой величиной реактивного сопротивления. Это вызывает существенные трудности при согласовании с трактом. Применение классических пассивных схем согласования с ЭМА приводит для схемы без потерь к весьма малой полосе пропускания, а для согласующей схемы с потерями к уменьшению коэффициента усиления ЭМА.

КОИ интересны тем, что они помогают реализовать цепи согласования с существенно уменьшенными размерами, и позволяют согласовать ЭМА в более широкой полосе частот.

КОИ являются активными цепям, таким образом, на них не распространяются фундаментальные ограничения, налагаемые теоремой Фостера [2]. С помощью КОИ могут быть реализованы отрицательные ёмкости ($-C$) и индуктивности ($-L$). На рис. 1 изображена частотная зависимость мнимой части комплексного входного сопротивления КОИ и конденсатора.

Следует отметить, что ни в одной из работ, посвященных КОИ, нам не удалось обнаружить оценку потерь коэффициента усиления ЭМА, вносимых КОИ. Данная работа посвящена исследованию природы вносимых потерь КОИ и способам их минимизации.

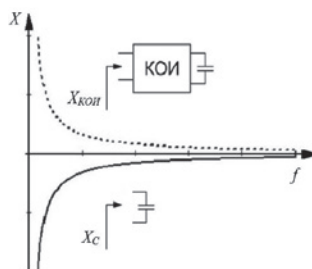


Рис. 1. Зависимость мнимой части комплексного входного сопротивления от частоты для КОИ (сверху) и конденсатора (снизу)

Литература

1. Д.В. Холодняк, В.М. Тургалиев. Широкополосные СВЧ-устройства с использованием нефостеровских отрицательных индуктивных и емкостных элементов. // Труды Всероссийской научно-технической конференции «Электроника и микроэлектроника СВЧ», С-Пб., 2012 г. С. 132-137.
2. Foster, R. M. A reactance theorem. // Bell Systems Technical Journal, т. 3, С. 259-267, 1924 г.

*Меркулов А.А. асп.; Белянкин Н.А. ст.; рук. С.А. Жгун, к.т.н., с.н.с.;
Швецов А.С. к.т.н., н.с.; Г.Д. Лобов, к.т.н., профессор.
(НИУ МЭИ)*

ИЗМЕРЕНИЕ БЫСТРОПЕРЕМЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

В представленной работе используется датчик на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Разработан стенд для проведения измерения быстропеременных деформаций с помощью датчика на ПАВ. Датчик крепится к камертону, как объекту с известной заранее частотой вибрации (рисунок 1 слева). При деформации объекта происходит изменение скорости распространения волны и расстояния между электродами встречно штыревого преобразователя (ВШП). Указанные параметры в свою очередь определяют резонансную частоту датчика [1]. Резонансная частота датчика является информационным параметром и изменяется во времени в соответствии с изменением во времени деформации, характерным для вибрации камертона.

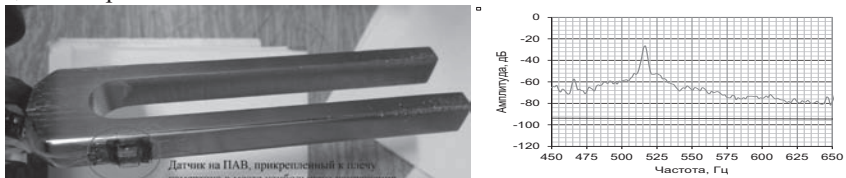


Рис. 1. Камертон с датчиком на ПАВ, прикрепленным в месте наибольшего механического напряжения (слева); спектр сигнала датчика на ПАВ в полосе частот 450-650Гц (справа)

Предполагаемый спектр информационного сигнала расположен в области звуковых частот. Это позволяет его оцифровывать средствами АЦП ПК для звуковых сигналов. Данный способ оцифровывания позволяет осуществлять запись длительных реализаций. В результате удастся записать полезный сигнал с наименьшей потерей информации. Сигнал записывается с момента возникновения импульса до момента уменьшения сигнала до уровня шума аппаратуры. Далее программными средствами рассчитывается спектр сигнала. Вычисленный спектр измеренного сигнала в области основной гармонике камертона с резонансной частотой 512 Гц представлен на рисунке 1 справа.

Построенный стенд позволяет изучать и разрабатывать датчики для применения на реальных объектах, например, для осуществления контроля деформации и предотвращения разрушения лопаток турбин.

Литература

1. **Д. Морган** Устройства обработки сигналов на поверхностных акустических волнах // Москва «Радио и связь» – 1990. – 415 с.

Е.В. Кондрашов, студ.; рук. С.В. Владимиров к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ФИЛЬТРЫ ДЛЯ СИСТЕМ ЭФИРНОГО И КАБЕЛЬНОГО
 ТЕЛЕВИДЕНИЯ**

В 2019 году Россия перейдет на цифровое телевидение. Возникает потребность в устройствах, способных обеспечить достойное качество принимаемого изображения. Качество приёма телевизионного сигнала зависит от многих факторов. На возможность принять сигнал оказывают влияние и состояние атмосферы, и расстояние до передатчика, и наличие различных источников помех. Мощные сигналы от близко расположенных источников излучения также способны помешать приёму. Особенно это актуально в условиях современной городской среды, когда существует огромное количество электрических приборов, создающих помехи.

Актуальность данной работы состоит в исследовании способов проектирования, конструктивного изготовления телевизионных фильтров, способных устранить определенные помехи и обеспечить качественный телеприём. Зарубежная (Alcad, Premier) и отечественная (Planar, V-LUX) промышленность выпускает ТВ фильтры в различных вариантах. Стоит задача спроектировать фильтр с лучшими характеристиками, чем уже существуют. При этом фильтры должны быть надежны, просты в изготовлении и доступны рядовому потребителю.

В данной работе был рассчитан полосовой фильтр на первый мультиплекс Московского вещания. Фильтр изготовлен с применением сосредоточенных элементов на связанных колебательных контурах [1, 2]. Был изготовлен прототип и проведены измерения АЧХ фильтра. Ниже на рис. 1 приведен внешний вид прототипа с измеренной нормированной АЧХ.

Подробные результаты исследований, описание методов расчета и изготовления приведены в докладе.

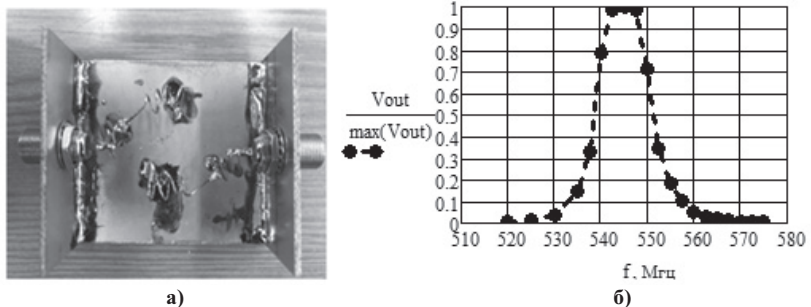


Рис. 1. Фильтр-прототип (а) и измеренная нормированная АЧХ (б).

Литература

1. **Баскаков С. И.** Лекции по теории цепей: Учебное пособие. Изд. 4-е. М.: КомКнига, 2005. 280 с.
2. **Волгов В. А.** Детали контуров радиоаппаратуры. Расчет и конструкция ГЭИ, 1954.

М.В. Жеребин студ.; рук. С.В. Владимиров к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ
 БЕСКОНТАКТНЫМ МЕТОДОМ**

Актуальность работы состоит в исследовании движения материальных объектов и взаимодействии между ними через механические колебания. Они возникают в результате вибрации, которая возникает, например, при механической обработке металлов, перемешивании материалов, движении поверхностей, динамическом воздействии на материалы и т.д.

Существует две группы методов измерения параметров колебаний: контактные и бесконтактные, т.е. не связанные с объектом механической связью. Важная особенность бесконтактного метода измерения - это проведение измерений параметров без дополнительной обработки поверхности исследуемого объекта. Бесконтактный метод измерения практически не оказывает воздействия на объект исследования, следовательно, высока точность измерений. На объект измерений могут быть установлены дополнительные элементы, участвующие в преобразовании механических колебаний в электрический сигнал. В работе представлен бесконтактный съем амплитуды колебания камертона.

В ходе исследования был разработан и реализован стенд для получения сигнала биения камертона на осциллографе. А именно разработаны необходимые держатели и согласующее устройство. Согласующее устройство состоит из двух каскадов. Входной каскад, выполненный на полевом транзисторе 2П 303 [1] а, последующий каскад – на операционном усилителе УД 608 с возможностью регулирования выходного сигнала [2]. Полученный сигнал представлен на рис.1. Подробные результаты исследований, описание методов расчета и изготовления приведены в докладе.

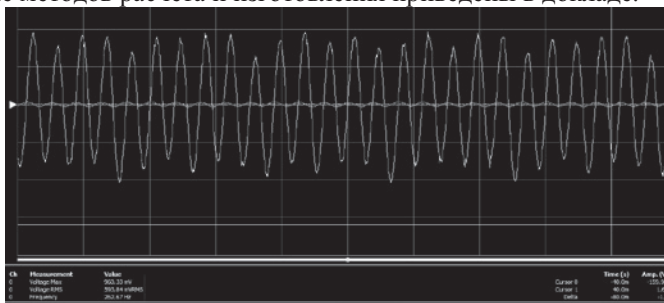


Рис. 1. Сигнал биений камертона

Литература

1. **Хоровиц П., Хилл У.** Искусство схемотехники: В 2-х томах The Art of Electronics: Second Edition (© Cambridge University Press, 1980) / Пер. с англ. под ред. М. В. Гальперина, редакторы: Н. В. Серегина, Ю. Л. Евдокимова. М.: Мир, 1983.
2. **Мамий А.Р., Тлячев В.Б.** Операционные усилители. Майкоп: АГУ. 2005.

А. А. Кальщикова, аспирант (НИУ «МЭИ»)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СТАЦИОНАРНОЙ ФАЗЫ В ЗАДАЧАХ СОГЛАСОВАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ В СРЕДАХ С ДИСПЕРСИЕЙ

Выделение полезного сигнала на фоне шума – одна из важнейших радиотехнических задач. Искажения и помехи возникают как в среде распространения сигнала, так и в устройствах обработки сигнала. Одним из методов наилучшего выделения сигнала на фоне шума является согласованная фильтрация, однако необходимо априорно знать спектральные характеристики полезного сигнала и шума.

В задачах гидролокации, акустического контроля, подповерхностного зондирования земли сигнал распространяется в средах пропорционально $\exp(-jh(\omega)z)$, где волновой коэффициент $h(\omega)$ нелинейно зависит от частоты. Таким образом, невозможно получить аналитическое выражение для отклика на выходе согласованного фильтра (1), что усложняет анализ таких систем, а также синтез алгоритма для его реализации в аппаратуре приёмника:

$$z(t, L) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \dot{S}_{нрм}(j\omega) S_{nc}^*(j\omega) \exp(jh(\omega)L) \exp(j\omega t) d\omega, \quad (1)$$

где $\dot{S}_{нрм}(j\omega)$, $S_{nc}^*(j\omega)$ – спектральные плотности принятого и полезного сигналов соответственно.

Для анализа таких систем с успехом можно использовать численные методы, однако производя расчет для конкретного примера, нельзя выявить общие закономерности, характерные для других значений параметров. В этом случае, для выражений вида (1), можно воспользоваться асимптотическими методами вычисления интегралов, а именно методом стационарной фазы [1].

Стоит отметить, что асимптотическое вычисление интеграла вида (1) с помощью метода стационарной фазы можно применить не только для согласованной фильтрации, но и для быстрого вычисления преобразования Фурье [2], что позволяет расширить метод для обработки сигналов в частотной области.

Литература

1. Д. Е. Вакман. Асимптотические методы в линейной радиотехнике. М.: Сов. радио, 1962.
2. S. A. Elgamel, C. Clemente, J. J. Soraghan. Radar matched filtering using the fractional Fourier transform. Department of electronic and electrical engineering, University of Strathclyde, 2010.

Секция 2

ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ И СИГНАЛОВ

Руководитель секции: Удалов Николай Николаевич

Секретарь секции: Митрофанов Александр Александрович

Е.А. Борисов, асп.; рук. А.С. Жабин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ОПТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ В ЛАЗЕРНЫХ ДАЛЬНОМЕРАХ

В современной авионике, помимо радиолокаторов, для определения расстояния до цели используются лазерные дальномеры, которые отличаются высокой точностью [1]. Расстояние до цели вычисляется по разности времени между излучённым и отражённым от цели лазерными импульсами, попавшими в апертуру фотоприёмного устройства (ФПУ) оптико-локационной станции. Минимально возможное отношение сигнал/шум для достоверной регистрации отражённого сигнала ограничивает дальность действия лазерного дальномера. Для его увеличения возможно использовать метод статистической обработки сигнала, позволяющий обнаруживать сигнал при меньших отношениях сигнала к шуму путём анализа массива накопленных данных.

В данном докладе представлен метод статистической обработки сигналов ФПУ. Суть метода заключается в том, что во время ожидания отражённого от цели сигнала, на выходе усилителя ФПУ формируется смесь сигнала и шума (шум фоновой засветки и внутренний шум усилителя), и эта смесь поступает на вход компаратора с установленным порогом.

В докладе использован следующий алгоритм обработки сигналов. Если установлен порог компаратора ниже пиковых реализаций шума, то реализация, соответствующая максимальной определяемой дальности, будет записываться в память ФПУ в виде импульсной последовательности сигнала и шумовых всплесков. Расстояние до цели определяется, по заложенному в ПЛИС алгоритму, согласно которому производится перебор вариантов гипотез по дальности и скорости цели по новой реализации и по семи предыдущим. Так как шум - случайный процесс, а сигнал при выбранной гипотезе на всех восьми реализациях либо будет присутствовать, либо нет, то на основе этих данных производится обнаружение сигнала и вычисление параметров цели.

В докладе приведены результаты моделирования, разработанного автором, алгоритма статистической обработки сигнала, которые показывают преимущества в увеличении дальности видимости цели.

Сформулированы рекомендации по применению предложенного алгоритма в образцах аппаратуры авионики.

Литература

1. Васильев В.П., Шаргородский В.Д. Современное состояние высокоточной спутниковой лазерной дальнометрии в России // Фотоника. Выпуск 6. 2017. С. 74 - 85.

А.В. Воронов, студ.; рук. А.Р. Сафин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**СПЕКТРЫ НОРМАЛЬНЫХ МОД СЕТЕЙ ЛИНЕЙНО
 СВЯЗАННЫХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ С РАЗЛИЧНОЙ
 ТОПОЛОГИЕЙ**

Многие динамические системы представимы в виде сети идентичных линейно связанных осцилляторов с определённой топологией. Если система содержит нелинейные связи, то существует возможность их линеаризовать с некоторыми ограничениями. Частью анализа поведения этих систем является изучение явления резонанса. Резонанс можно описать в рамках концепции нормальных мод, где частота нормальной моды представляет собой резонансную частоту, учитывающую связь со всеми элементами сети. Частотный спектр нормальных мод таких систем определяются их топологией, то есть связями между осцилляторами. Несмотря на большой интерес к анализу процессов синхронизации в сетях взаимосвязанных осцилляторов [1], практически не исследованной является задача о влиянии топологии сети на спектр нормальных мод и синхронизацию осцилляторов.

Был проведен анализ влияния топологии сети на спектр нормальных мод взаимосвязанных осцилляторов. На рис.1 представлен спектр линейки из 100 связанных осцилляторов. На рис.2 представлен спектр бинарной древовидной сети 256 взаимосвязанных осцилляторов. Как видно, он представляет собой фрактал типа «чертовой лестница» с большим количеством «полочек» - вырожденных мод. С помощью проведенного анализа можно дать рекомендации по конструированию топологии сети с заданной структурой нормальных мод.

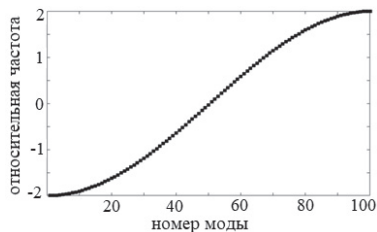


Рис. 1. Спектр нормальных мод цепочки линейно связанных осцилляторов.

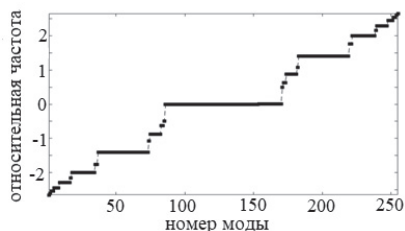


Рис. 2. Спектр нормальных мод бинарной сети осцилляторов

Литература

1. Arenas A., Diaz-Guilera A., Kurths J., Moreno Y., Zhou C. Synchronization in complex networks. Physics Reoprts. 2008. Vol. 469 P. 93-153.

*Е. С. Лутченкова, студ.; рук.-ли: А.Р. Сафин, к.т.н.,
доц.Р.С. Куликов, к.т.н., доц. (НИУ МЭИ, Москва)*

ВЗАИМНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ СВЯЗАННЫХ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОНОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ НА ОСНОВЕ ИФАПЧ

Исследование динамики больших ансамблей нейронов мозга – одна из наиболее трудных, интересных и актуальных проблем современной науки. Существуют разные попытки аппаратной реализации искусственных нейронов. В работе [1] была предложена схема искусственного нейрона на основе схемы импульсной фазовой автоподстройки частоты (ИФАПЧ).

В данной работе исследуется динамика искусственных нейронов, выполненных на основе импульсной ИФАПЧ, изучается влияние параметров на поведение модели. Выполнено разбиение пространства параметров на области существования различных режимов. Путем решения разностного уравнения для ИФАПЧ, мной была получена бифуркационная диаграмма амплитуды стационарных колебаний от изменения ведущего параметра модели искусственного нейрона (рис. 1).

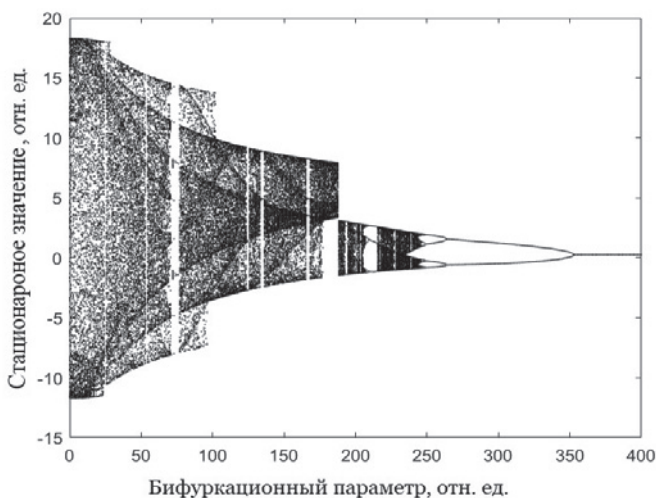


Рис. 1. Бифуркационная диаграмма для отображения, характеризующая динамику искусственного нейрона, выполненного на основе ИФАПЧ

Такие схемы на ИФАПЧ предполагается использовать в робототехнике в качестве аппаратных нейронных сетей для моделирования деятельности человеческого мозга.

Литература

1. **Мищенко М.А., Шалфеев В.Д., Матросов В.В.** Нейроноподобная динамика в системе фазовой синхронизации. Изв. вузов ПНД». 2012. Т. 20. № 4. С. 122-130.

Б.П. Судеев, студ.; рук. А.Р. Сафин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

УСИЛЕНИЕ СПИНОВОГО ТОКА В МНОГОСЛОЙНЫХ НАНОСТРУКТУРАХ

В спинтронике, в отличие от полупроводниковой электроники, информация переносится собственным магнитным моментом носителей – спином. Перспективными материалами для приложений в спинтронике являются антиферромагнетики (АФМ), резонансные частоты которых находятся в терагерцовом частотном диапазоне. Важной является задача переноса спинового тока через многослойные структуры, содержащие чередующиеся слои АФМ, ферромагнетиков и тяжелых металлов [1]. Для этого на первом этапе необходимо рассчитать коэффициент передачи $K=j_{out}/j_{in}$ спинового тока через АФМ пленку толщины d .

В данной работе путем решения волнового уравнения для вектора антиферромагнетизма \mathbf{L} был рассчитан коэффициент передачи спинового тока K от частоты ω в следующем виде:

$$K(\omega) = \frac{j_{out}}{j_{in}} = \gamma \frac{E_s}{2M_s} \frac{|\omega + \alpha\gamma H_{ex}|}{c\sqrt{\omega_1^2 - \omega^2}},$$

где E_s - поверхностная энергия между АФМ и граничащим слоем; γ - гиромагнитное отношение; M_s - намагниченность насыщения АФМ; H_{ex} - обменная энергия между подрешетками; α - постоянная затухания Гильберта; c - скорость спиновых волн в АФМ; ω_1 - частота АФМ резонанса, лежащая в терагерцовом диапазоне. При некоторых параметрах коэффициент передачи может быть больше единицы и тогда АФМ можно рассматривать, как усилитель спинового тока. Регистрация спинового тока может осуществляться с помощью обратного спинового эффекта Холла в материалах с сильным спин-орбитальным взаимодействием.

Полученную зависимость $K(\omega)$ можно использовать для расчета многослойных гетероструктур, состоящих из большого числа АФМ, а перспективой полученных результатов выступает возможность теоретически создать спиновый терагерцовый усилитель, позволяющий вывести радиоэлектронику на новый уровень развития.

Литература

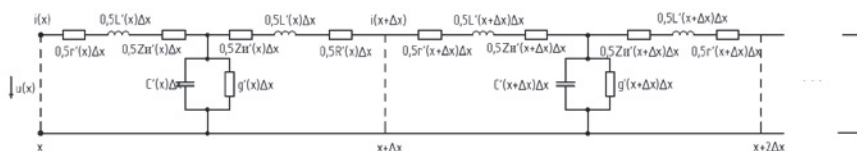
1. **Khymyn R., Lisenkov I., Tiberkevich V., Slavin A.** Transformation of spin-current by antiferromagnetic insulators. Phys. Rev. B. 2016. Vol. 93. No. 224421.

Н. Н. Миронов, студ.; рук. А.Р. Сафин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СТАЦИОНАРНЫЙ РЕЖИМ ГЕНЕРАТОРА НА ПЛЕНКЕ ЖЕЛЕЗО-ИТТРИЕВОГО ГРАНАТА

Устройства на спиновых волнах активно исследуются во всем мире на протяжении последних десятилетий, благодаря развитию технологий выращивания эпитаксиальных пленок монокристалла железо-иттриевого граната (ЖИГ). Особенности таких устройств являются работа в диапазоне волн сверхвысоких частот (СВЧ) при небольшом значении постоянной напряженности внешнего магнитного поля, возможность менять резонансные свойства системы внешним магнитным полем и низкие потери, позволяющие конкурировать с другими пассивными резонансными структурами в диапазоне СВЧ [1].

В ходе работы проведена разработка нелинейной радиотехнической модели пленки при заданном законе дисперсии волн. В зависимости от ориентации внешнего магнитного поля к плоскости образца в образце могут возбуждаться прямые и обратные объемные и поверхностные волны. Для каждого типа волн были найдены зависимости погонных



элементов эквивалентной схемы линии (рис. 1) от расстояния до точки возбуждения.

Рис. 1. Эквивалентная радиотехническая модель плёнки ЖИГ в виде длинной линии

Используя полученную модель был произведен расчет стационарных режимов автогенератора при подключении к пленке активного элемента с помощью метода медленно меняющихся амплитуд и укороченных уравнений. Проведенный анализ позволяет рассчитывать стационарные режимы и условия самовозбуждения автогенераторов на пленках ЖИГ.

Литература

1. Калиникос Б.А., Устинов А.Б., Баруздин С.А. Спин-волновые устройства и эхо-процессоры. -М.: Изд-во «Радиотехника», 2013.

Ю.А. Гришина, студ.; рук. А.Р. Сафин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
ВОЗБУЖДЕНИЕ СПИНОВЫХ ВОЛН В СВЯЗАННЫХ
МАГНОННЫХ КРИСТАЛЛАХ

Возбуждение спиновых волн в магнитных пленках является актуальной областью прикладных и теоретических исследований [1]. Ранее [2] было исследовано возбуждение спиновых волн в специальных волноведущих гребенчатых структурах, выполненных на основе пленок железо-иттриевого граната, которые получили название «магнонный кристалл» (МК). В настоящее время актуальным является задача о возбуждении спиновых волн в массивах взаимосвязанных общим полем МК.

Предварительно эксперименты, проведенные с двумя связанными МК, показали возможность возбуждения прямых и обратных объемных спиновых волн. Частоты возбуждений зависят от взаимной связи между МК. В данной работе для исследования МК на первом этапе рассчитывается закон дисперсии спиновых волн с учетом связи, а на втором решается система связанных нелинейных уравнений типа Ландау-Стюарта для комплексных амплитуд (КА) спиновых волн $c_k^{[1,2]}(t)$ вида,

$$\frac{dc_k^{[1,2]}}{dt} + j\omega_k^{[1,2]} \left(c_k^{[1,2]} \right) c_k^{[1,2]} + \Gamma_k^{[1,2]} \left(c_k^{[1,2]} \right) c_k^{[1,2]} = \Omega_k^{[2,1]} c_k^{[2,1]} + \Lambda \cdot e^{j\omega_{ex}t}, \quad (1)$$

где k – волновое число, $\omega_k^{[1,2]}$ – зависимости частоты колебаний от КА, $\Gamma_k^{[1,2]}$ – функции, характеризующая нелинейное затухание в среде, $\Omega_k^{[2,1]}$ – частоты связи, Λ, ω_{ex} – амплитуда и частота возбуждения. Решение уравнения (1) позволяет наблюдать эффекты, перекачки энергии между нормальными модами системы.

Литература

1. **Калиникос Б.А., Ковшиков Н.Г., Кокусь Н.В.** Спин-волновые процессы в устройствах СВЧ: Учеб. Пособие / СПб госуниверситет «ЛЭТИ». – С–Пб. 1995.
2. **Никитов С.А., Калябин Д.В., Лисенков И.В. и др.** Магноника – новое направление спинтроники и спин-волновой электроники. Успехи физических наук. 2015. Т. 185. С. 1099–1128.

К.А. Мельников, студ.; рук. А.Р. Сафин, к.т.н., доц.(НИУ МЭИ)

СИНХРОНИЗАЦИЯ ТЕРАГЕРЦОВЫХ СПИНОВЫХ ВОЛН В ПЛЕНКЕ АНТИФЕРРОМАГНЕТИКА

Антиферромагнетики (АФМ) являются привлекательными магнитными материалами для приложений в области в силу того, что их резонансные частоты находятся в терагерцовом диапазоне [1].

В настоящей работе исследуется система (рис.1) двух связанных общим антиферромагнитным слоем осциллятора. Возбуждение колебаний токами I_{in1} , I_{in2} в АФМ осуществляется за счет прямого спинового эффекта Холла в платине (Pt), а регистрация с помощью обратного на I_{out} . Детектирующий слой платины располагается между возбуждающими на некотором расстоянии d_1 и d_2 .

В работе показано, что располагать детектирующий слой необходимо в пучности стоячих спиновых волн, распространяющихся в АФМ. В этом случае удастся детектировать синхронный суммарный терагерцовый сигнал от каждого осциллятора.

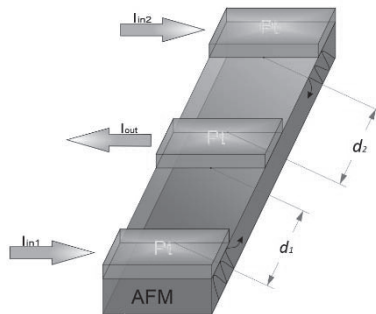


Рис.1. Система синхронизации двух связанных антиферромагнитных осцилляторов спиновыми волнами

Литература

1. Lebrun R., Ross A., Bender S.A., Quaiumzadeh A., Baldrati L., Cramer J., Brataas A., Duine R.A. & Kläui M.. Tunable long-distance spin transport in a crystalline antiferromagnetic iron oxide. Nature. 2018. Vol. 561. P. 222-225.

В.О. Шустов, студ.; рук. А.Р. Сафин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ВОЗБУЖДЕНИЕ И ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ОСНОВЕ СПИНОВОГО ЭФФЕКТА ХОЛЛА

Принцип работы спин-волновых устройств базируются на переносе спина электрона – собственного магнитного момента. В этом заключается и ее принципиальное отличие от полупроводниковой электроники. В настоящее время активно исследуются спин-волновые устройства типа «тяжелый металл-ферромагнетик» и «тяжелый металл-антиферромагнетик» [1] без использования внешнего магнитного поля. За счет прямого спинового эффекта Холла в таких системах можно реализовать генерацию спиновых волн в магнитном материале, а за счет обратного спинового эффекта Холла можно осуществить детектирование, то есть реализовать приемо-передающую систему. На рис.1 приведен один из вариантов структуры. В качестве тяжелого металла может использоваться платина (Pt), а в качестве антиферромагнетика - гематит ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$).

В работе проведен анализ и расчет таких структур. Найдены рабочие и регулировочные характеристики.

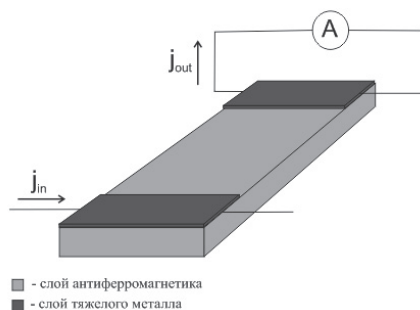


Рис. 1. Волновод спиновых волн на основе структуры «антиферромагнетик-тяжелый металл»

Литература

1. Lebrun R., Ross A., Bender S.A., Quaiumzadeh A., Baldrati L., Cramer J., Brataas A., Duine R.A., Kläui M. Tunable long-distance spin transport in a crystalline antiferromagnetic iron oxide. Nature. 2018. Vol. 561. P. 222-225.

Б.А. Харунжин, студ.; рук. П.С. Остапенков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
ФОРМИРОВАНИЕ ХАОТИЧЕСКИХ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Развитие науки и технологий требует улучшение качественных характеристик технических средств и расширение границ их возможностей. Один из способов достижения этих целей является использование новых видов сигналов. К таковым можно отнести хаотические широкополосные и сверхширокополосные сигналы [1].

Хаотические сигналы имеют ряд преимуществ перед другими типами сигналов: высокую разрешающую способность по дальности, что актуально в радиолокационных системах; разнообразные методы введения сообщения в хаотический сигнал; формирование хаотических колебаний возможно при помощи как цифровых, так и аналоговых методов [2].

Целью представленной работы является разработка моделей формирования хаотических сигналов, анализ их основных параметров во временной и частотной областях, а также оценка автокорреляционных функций хаотических сигналов.

Основными задачами, рассмотренными в докладе, являются: исследование применения широкополосных хаотических сигналов в гидроакустических системах, методы формирования хаотических сигналов на основе нелинейных динамических систем, исследование основных параметров хаотических сигналов.

При моделировании использовался математический пакет MATLAB.

В докладе представлены модели формирования хаотических сигналов на основе динамических систем при разных начальных условиях, приводятся расчеты спектров полученных хаотических сигналов и их автокорреляционных функций.

Результаты работы могут применяться при разработке моделей трактов активных гидролокаторов высокого пространственного разрешения.

Литература

1. **Астанин Л.Ю., Костылев А.А.** Основы сверхширокополосных радиолокационных измерений. -М.: Радио и связь, 1989. -192 с.
2. **Залогин Н.Н., Кислов В.В.** Широкополосные хаотические сигналы в радиотехнических и информационных системах. -М.: Издательство Радиотехника. 2006. -208 с.

С.В. Петушков, асп.; рук. Л.А. Белов, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

УСТРОЙСТВА ЛИНЕАРИЗАЦИИ ДЛЯ СВЧ-УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ

В настоящее время в современных усилителях мощности СВЧ-сигналов актуальна проблема одновременного достижения высоких значений энергетической и спектральной эффективности, широкой информационной полосы частот при низком уровне интермодуляционных искажений и соблюдением требований по электромагнитной совместимости, ограничений по массо-габаритным показателям и энергопотреблению [1].

Для решения этих задач применяются различные методы, однако наиболее эффективным является применение в составе усилителя мощности устройства линеаризации [2]. На сегодняшний день разрабатываются и совершенствуются пять основных типов таких устройств: линеаризация со связью вперед; линеаризация с обратной связью; линеаризация внесением предискажений; линеаризация с использованием нелинейных компонентов; линеаризация с помощью подавления и восстановления огибающей сигнала.

В докладе приведен сопоставительный анализ по различным критериям известных из мировой научно-технической литературы вариантов применения аналоговых и цифровых устройств линеаризации применительно к усилителям мощности с выходной мощностью до 100 Вт, несущей частотой до 30 ГГц, усилением до 50 дБ и информационной полосой сигнала до 500 МГц, выполненным на основе вакуумных или многокаскадных твердотельных активных элементов.

Показано, что при современных технических требованиях к совокупности параметров усилителей мощности СВЧ-сигналов возможно применение всех типов устройств линеаризации. Однако применительно к бортовым усилителям мощности использование цифровых и аналоговых устройств предискажения оказывается более эффективным с точки зрения практической реализации.

Литература

1. **Wang Z.** High-efficiency load modulation Power Amplifiers for wireless communications / Boston – London, Artech House. 2017. – 414 p.
2. **Петушков С.В., Вильдерман Е.Н., Белов Л.А.** Влияние снижения уровня интермодуляционных искажений в усилителе мощности на качество передачи информации в радиоканале. Прогр. междунар. научно-технич. конфер. «Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов в инфокоммуникациях» «СИНХРОИНФО 2018», Беларусь, г. Минск, 4 – 5 июля, 2018 г. / IEEE Conf. Record # 45613 / С. 18.

А. Д. Щербинин, асп., Т. А. Степанова, студ. ;
рук. Л. А. Белов, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИСКАЖЕНИЯ В РАДИОФОТОННЫХ СИСТЕМАХ ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ

Достижения последних лет в России и за рубежом в области радиофотонных линий передачи [1] определяют революционные изменения в области формирования, обработки и передачи радиосигналов. Перспективные задачи, связанные с практической реализацией оптических стандартов частоты применительно к бортовой спутниковой аппаратуре систем радиосвязи и навигации [2] обеспечивают стабильность несущего колебания, увеличенную на несколько порядков по сравнению с традиционными решениями и открывают новые возможности в радионавигации, связи и исследованиях гравитационного поля Земли.

Исследования искажений при передаче радиосигналов через отрезок оптического волокна выполнены на тренажёре модели *Emona FOTeX ELVIS* с программным обеспечением *National Instruments™* [3]. На рис. 1 показана структурная схема системы, позволяющей оценить уровень искажений по двухчастотной интермодуляционной методике.

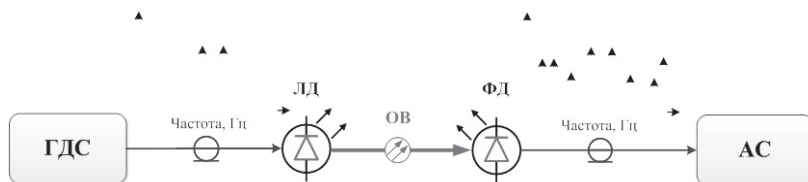


Рис. 1. Структурная схема измерения интермодуляционных искажений радиосигналов в волоконной линии
ГДС – генератор двухчастотного сигнала; ЛД – лазерный диод; ОВ – оптическое волокно;
ФД – фотодетектор; АС – анализатор спектра

В тренажёре используется технология виртуальных приборов генерирования и измерения сигналов [3]. Представлены характеристики амплитудных и фазовых интермодуляционных искажений передаваемого двухчастотного радиосигнала и выполнено их сопоставление подобными параметрами для радиочастотного усилителя мощности.

Сформулированы технико-экономические и экспериментальные задачи, решение которых позволит реализовать перспективные возможности радиофотонной технологии в отечественной спутниковой аппаратуре.

Литература

1. Урик В.Д. и др. Основы микроволновой фотоники.-М.: Техносфера. 2016. .
2. Емельянов А.А. и др. Особенности построения бортовой волоконно-оптической сети // Радиотехника. 2017. № 8. С. 121-125.
3. National Instruments – режим доступа: <http://www.ni.com/ru-ru/shop.html>

Е.Д. Соловьев, студ.; рук. П.С. Остапенков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ФОРМИРОВАНИЕ ХАОТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ НА
ОСНОВЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ
ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ**

Современные системы гидроакустической связи используют широкие диапазоны частот, и одним из перспективных направлений в таких системах является использование сигналов сложной хаотической формы. Широкополосность, ортогональность, сложность структуры хаотических сигналов обуславливают перспективность их использования для скрытой передачи информации, высокой помехоустойчивости, высокой скорости передачи данных связи и др. [1].

Целями работы являются: формирование хаотических сигналов на основе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), сравнение моделей динамических систем с разными типами представления данных: системы с фиксированной точкой разрядности 16, 32, 64 и системы с плавающей точкой формата FP23.

Формирование хаотических сигналов проводилось в САПР компании Xilinx «Vivado», для этого использовался формат с плавающей точкой FP23 [2]. Это особый формат представления чисел с плавающей точкой, использование которого удобно при реализации устройства на современных кристаллах ПЛИС.

В докладе представлены результаты сравнения сформированных хаотических сигналов на основе динамических систем реализованных с фиксированной точкой и “плавающей” точкой в формате FP23; проводится оценка погрешности формирования хаотических сигналов при разных разрядностях систем и разных форматах представления чисел, проведена оценка объема занимаемых ресурсов кристалла ПЛИС.

Предложенные в докладе методы формирования хаотических сигналов могут использоваться в процессах кодирования, обработки, передачи информации в гидроакустических системах.

Литература

1. **Кислов В.Я., Колесов В.В., Беляев Р.В.** Применение хаотических сигналов в информационных технологиях // Радиотехника. Наносистемы. Информационные технологии (Российская академия естественных наук, г. Москва). 2009. т.1. №2. с. 23-31.
2. **Капитанов А.А., Остапенков П.С.** Реализация высокоскоростного блока быстрого преобразования Фурье на программируемых логических интегральных схемах // Вестник МЭИ. 2015. №2. С. 92-97.

Е.Н. Вильдерман, асп.; рук. Л.А. Белов, к.т.н., проф.(НИУ «МЭИ»)
**ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОСИГНАЛОВ
С ГИПЕРФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ**

В [1] предложен алгоритм построения многомерного ансамбля сигналов для беспроводных систем связи, который обеспечивает наибольшую энергетическую и спектральную эффективность системы связи без применения избыточного помехоустойчивого кодирования. Такой класс сигналов назван там «гиперфазовой модуляцией» (ГПФМ).

В докладе рассмотрены инженерные аспекты построения модулятора, формирующего ансамбль трехмерных ГПФМ-сигналов, обладающих максимальным евклидовым расстоянием между двумя ближайшими сигнальными точками ансамбля. Таким образом, количество информационных бит, передаваемых в заданной полосе радиочастот, приближается к предельной пропускной способности канала связи. Расстояние между сигнальными точками ансамбля может быть увеличено путём повышения размерности ансамбля, что позволяет повысить надежность демодуляции сигналов и может сделать нецелесообразным применение в системах с ГПФМ-сигналом помехоустойчивых кодов, корректирующих возможные ошибки распознавания при приёме сообщения, но уменьшающих скорость передачи информации. Взаимная ортогональность символов ансамбля сигналов позволяет снизить уровень межсимвольных искажений и повысить компактность радиочастотного спектра для соблюдения требований электромагнитной совместимости системы связи.

В докладе проведён анализ структурных решений и технических возможностей построения модулятора трехмерных ГПФМ-сигналов для бортовых радиопередающих устройств спутниковой связи, обеспечивающих увеличение скорости передачи информации в заданной полосе радиочастот при соблюдении высоких требований электромагнитной совместимости и надёжности распознавания переданных данных. Рассмотрены структурные решения, возможность реализации и обоснованность применения в бортовых спутниковых радиопередающих устройствах модуляторов многомерных ГПФМ-сигналов.

Показано, что практическое применение ГПФМ-сигналов требует доработки синтезатора стабильных частот и разработки дополнительных средств снижения пик-фактора радиосигнала на выходе усилителя мощности.

Литература

1. **Быховский М.А.** Гиперфазовая модуляция – оптимальный метод передачи сообщений в гауссовских каналах связи. -М.: Техносфера, 2018. -310 с.

А.В. Костяев, студ.; рук. Н.Н. Удалов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ШУМОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНТЕЗАТОРА ЧАСТОТ
 НА ОСНОВЕ КОЛЬЦА ФАПЧ С ЧФД**

В настоящее время синтезаторы частот с системой фазовой автоподстройки частоты находят широкое применение в радиотехнике. Основные задачи, которые решаются при проектировании синтезаторов с ФАПЧ, это снижение уровня фазовых шумов устройства, повышение стабильности синтезируемых частот, уменьшение времени перестройки синтезатора в заданном частотном диапазоне.

В данной работе рассматривается синтезатор частот на основе кольца фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) с частотно-фазовым детектором (ЧФД) с фильтром нижних частот, состоящим из интегрирующей ёмкости и RC – цепи, и с

целочисленным коэффициентом деления. Моделированием синтезатора в программной среде ADIsimPLL [1] получены зависимости уровня фазового шума от частотной отстройки для разных значений запаса устойчивости по фазе (рис. 1). Из рис. 1 видно, что при большем запасе устойчивости по фазе, уровень фазовых шумов увеличивается. На основании результатов работы [2] можно сделать вывод, что при проектировании синтезатора необходимо принимать компромиссное решение по выбору запаса устойчивости по фазе для реализации требуемых значений спектральной плотности мощности фазового шума при заданной отстройке и времени перестройки синтезатора.

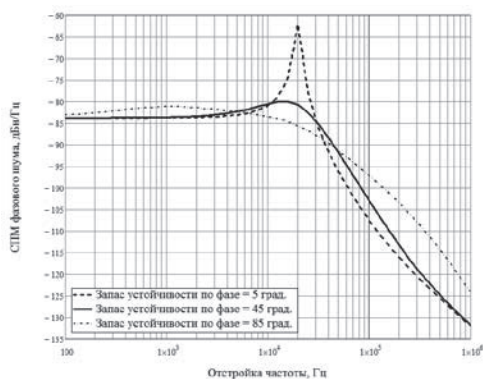


Рис. 1. Зависимость уровня фазового шума (общего) от частотной отстройки от несущей $f_0 = 1842,5$ МГц для разных значений запаса устойчивости по фазе

Литература

1. **Analog Devices** - Сайт производителя. Режим доступа: <http://www.analog.com> (дата обращения: 10.11.2018).
2. **Костяев А. В.** Проектирование синтезаторов частот с ФАПЧ в программной среде ADIsimPLL // РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА: Двадцать четвертая Междунар. науч.-техн. конф. студ. и аспирантов. (15–16 марта 2018 г., Москва): Тез. докл. — М.: ООО Центр полиграф. услуг „Радуга“». 2018. С. 21.

Г.С. Нагородский, студ.; рук. Е.М. Торина, к.т.н. доцент (НИУ «МЭИ»)
**ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УСИЛИТЕЛИ С РЕЖЕКТОРНЫМ
ФИЛЬТРОМ НА СОСРЕДОТОЧЕННЫХ И
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ**

В двухкольцевых RC-автогенераторах (RC-АГ), как правило, используются дифференциальные усилители с режекторными фильтрами [1, 2]. RC-АГ находят широкое применение в различных радиоэлектронных системах в диапазоне частот от долей герц до десятков мегагерц. RC-АГ используются в аппаратуре связи, медицинской и измерительной технике [1, 2]. Простота изготовления, дешевизна и возможность исполнения в микроэлектронных технологиях дает им ряд преимуществ перед LC-автогенераторами на низких частотах.

В [2] подробно исследован RC-АГ с режекторным фильтром в виде двойного T-моста. Однако характеристики такого моста имеют высокую чувствительность к изменению номиналов элементов в каждом из плеч фильтра. Кроме того, в литературе известны режекторные фильтры, выполненные на распределенных элементах, которые не имеют указанного выше недостатка.

Целью данной работы является сравнение амплитудно-частотных характеристик дифференциальных усилителей с несколькими типами режекторных фильтров на распределенных элементах в виде RC-линий.

В работе представлен обзор литературы по видам режекторных фильтров на RC-линиях. Получены соотношения для расчета коэффициентов передачи трех фильтров на RC-линиях в матричном виде, разработаны проекты для исследования дифференциальных усилителей с режекторными фильтрами в программе компьютерного моделирования.

Проведенный анализ позволил оценить полосу заграждения дифференциальных усилителей с такими фильтрами и сформулировать рекомендации по использованию режекторных фильтров на RC-линиях в двухкольцевых RC-автогенераторах для получения максимальной эквивалентной добротности колебательной системы и минимальных потерь.

Литература

1. Кулешов В.Н., Болдырева Т.И., Перфильев А.А., Дроздова Е.М. Шумовые характеристики автогенераторов гармонических колебаний с режекторным RC-фильтром // Радиотехника. 2013. №10.
2. Дроздова Е.М. Диапазонные RC-автогенераторы гармонических колебаний. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. -М., НИУ «МЭИ», 2016.

Е.В. Волчков, А.А. Мецзяков, студенты; рук-ли: А.А. Митрофанов, асс., Н.Н. Удалов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОБРОТНОСТИ КООКСИАЛЬНО-КЕРАМИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРОВ

В диапазоне сверхвысоких частот в качестве резонаторов часто используются коаксиально-керамические резонаторы (ККР), т.к. они обладают большей добротностью, чем ПАВ-резонаторы на кратных механических гармониках, микрополосковые линии или сосредоточенные элементы [1].

В зависимости от конструктивных и схемотехнических требований может быть выбран резонатор с различным значением диэлектрической проницаемости и волнового сопротивления, определяемого диаметром воздушного отверстия резонатора. В таких резонаторах существуют различные виды потерь – омические, связанные с конечным значением проводимости металлического покрытия на поверхности резонатора, потерями в диэлектрике, определяемых тангенсом диэлектрических потерь и потерями на излучение. В зависимости от диапазона частот, габаритных и электрических параметров резонатора вклад этих составляющих в итоговое значение добротности может быть различным.

Также существуют методы увеличения добротности ККР, связанные с особыми методами обработки торцевых поверхностей резонаторов в местах наибольших значений плотности тока на поверхности резонатора.

Значения добротностей в работе определялись с помощью методов компьютерного численного моделирования в системе автоматического проектирования Ansys HFSS с помощью решателя Eigen Mode методом конечных элементов. В работе также проанализированы собственные ошибки вычисления используемой программы и даны рекомендации по настройке разбиения резонаторов на элементы.

Полученные результаты позволяют разработчику автогенераторов СВЧ диапазона на коаксиально-керамических резонаторах грамотно подойти к выбору резонатора для достижения минимальных фазовых шумов автогенераторов.

Литература

1. **Кувшинов В. В.** Малошумящие генераторы, управляемые по частоте напряжением, на коаксиальных керамических резонаторах: Дисс. – М.: НИУ «МЭИ», 2012.

А.А. Бобурков, студ.; рук. Л.А. Белов, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИСТОЧНИКИ ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ БОРТОВЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ

Источники вторичного электропитания бортовой аппаратуры предназначены для преобразования электрической энергии постоянного тока бортовой сети, например, с напряжением +100 В, в напряжение постоянного тока (DC-DC) с другими значениями напряжения и тока, например +40 В × 5 А, -5 В × 0,2 А и т.д. при высоких требованиях к энергетической эффективности, уровню паразитных спектральных составляющих и габаритам [1]. Серийные силовые преобразователи такого рода не соответствуют требованиям к бортовой аппаратуре по технологичности, массе и надёжности при действии факторов космической окружающей среды [2].

В докладе представлены результаты испытаний имитационной модели и лабораторного макета такого преобразователя для бортовой спутниковой транзисторной аппаратуры, выполненного на базе интегральной микросхемы автоматического широтно-импульсного модулятора (ШИМ) с несколькими вторичными выпрямляющими цепями на одном магнитопроводе. Использована методика расчёта силового трансформатора и обеспечения устойчивости системы автоматического регулирования параметров ШИМ, что позволяет дополнительно снизить массу и габаритные размеры вторичного источника электропитания.

Показано, что разработанный и изготовленный преобразователь имеет энергетический коэффициент полезного действия не менее 75%, слабую чувствительность к перекрёстным вариациям нагрузки по вторичным цепям и не создаёт электромагнитных помех бортовой радиотехнической аппаратуре недопустимого уровня на частоте преобразования и на её высших гармониках вплоть до 50-ой.

Сформулированы рекомендации по конструктивной и технологической доработке макета источника вторичного электропитания для размещения блока электропитания на борту спутника Земли в жёстких условиях космической радиации при различных сочетаниях значений выходного напряжения и тока нагрузки для бортовых радиочастотных усилителей мощности.

Литература

1. **Мелешин В.И., Овчинников Д.А.** Управление транзисторными преобразователями электроэнергии. -М.: Техносфера, 2011. -576 с.
2. **Бобурков А. А.** Перекрёстные помехи в источнике вторичного электропитания для бортовой спутниковой аппаратуры // Тез. докл. XXIV-ой МНТК студ. и асп. (15-16 марта 2018 г., Москва. — М.: ООО «Центр полигр. услуг «Радуга», 2018. —С. 16 – 17.

*И.А. Егорова, студ.; рук. Е.А. Жиганова, доцент
(Филиал ВлГУ в г. Муроме)*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КВАДРАТУРНОГО УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ С АВТОКОМПЕНСАЦИЕЙ В РЕЖИМЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОМЕХ

Интенсивное использование радиоэлектронных устройств в различных сферах человеческой деятельности приводит к ухудшению электромагнитной обстановки. Основной задачей является обеспечение минимального уровня побочного излучения.

Из существующих методов уменьшения интермодуляционных колебаний (ИМК) наиболее актуальным является схемотехнический, благодаря простоте перестройки и дешевизне.

В докладе проводится математическое моделирование квадратурного усилителя мощности с автокомпенсацией, изображенного на рис.1, в режиме воздействия помех (гармонической, амплитудно-модулированной, частотно-модулированной).

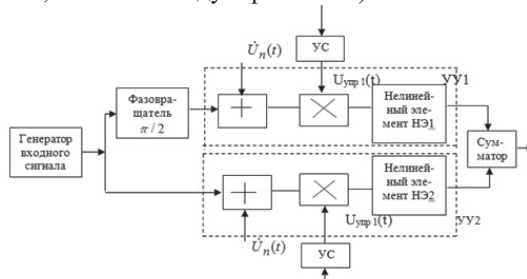


Рис.1 Структурная схема квадратурного усилителя с автокомпенсатором интермодуляционных колебаний

Результатом моделирования является уменьшение ИМК при воздействии гармонической помехи на 6,4-23,5 дБ, при воздействии амплитудно-модулированной помехи на 1,2-9,5 дБ, а при частотно-модулированной помехе на 1,9-29,4 дБ.

Следовательно, проведенное математическое моделирование показывает эффективность работы данной схемы с целью уменьшения уровня побочного излучения и улучшения электромагнитной обстановки.

Литература

1. Ромашов В.В., Кривандин С.С., Шуненкова Е.А. Методы уменьшения интермодуляционных колебаний в радиопередатчиках// Радиотехника, телевидение и связь. Межвуз. сборник науч. тр., посвященный 110-летию В.К. Зворыкина, Муром: МИВлГУ, 1999. С.66-71.

М.А. Некрасов, студ.; рук.: А.А. Митрофанов, асс. (НИУ «МЭИ»)

ПАССИВНАЯ ИНТЕРМОДУЛЯЦИЯ В ФИЛЬТРАХ НА СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Уровень интермодуляционных искажений (ИМИ) – критический параметр, влияющий на характеристики систем связи и на возможность соблюдения в них нормативов электромагнитной совместимости. ИМИ – это нелинейные искажения, создаваемые усилительными схемами. Однако не только нелинейные устройства вносят искажения в спектр сигнала на выходе устройства, а также узлы и конструкции, которые традиционно считались линейными: подложки печатных плат, фильтры, микрополосковые линии, радиочастотные кабели и соединители, антенные конструкции и окружающие антенну предметы. Данное явление получило название пассивная интермодуляция (ПИМ). Увеличение мощности сигналов, частотное уплотнение каналов связи, повышение пространственной плотности размещения аппаратуры на базовых станциях мобильной связи и другие факторы предъявляют жесткие требования к уровню ПИМ.

В данной работе рассмотрены причины возникновения, способы оценки [1] и снижения уровня ПИМ [2] в фильтрах на сосредоточенных элементах. В качестве моделей используются фильтры высокого порядка для обеспечения высокой избирательности устройств.

В работе проанализирован уровень ПИМ в различных конструкциях и типах катушек индуктивностей и конденсаторов. Проведена оценка уровня ПИМ в чип-конденсаторах и в разных конструкциях катушек индуктивностей (с ферритовым или воздушным заполнением). Сделаны выводы о выборе элементов в зависимости от требований к ПИМ.

Снижение уровня ПИМ в фильтрах диапазона СВЧ на сосредоточенных элементах позволит уменьшить искажения спектра сигнала на выходе устройства.

Литература

1. **Стандарты МЭК на измерения ПИМ. IEC 62037: Passive RF and Microwave Devices, Intermodulation Level Measurement, parts 1..8, IEC 62037–2 Ed. 1.0 b: 2013 RF Connectors, connector-cable assemblies and cables – Intermodulation level measurement.**
2. **Белов Л.А., Кочемасов В.Н., Строганова Е.П.** Пассивная интермодуляция в СВЧ-цепях. Электроника: НТБ. 2015. Вып. 3. С. 80-91.

*М. Д. Карасев, студ.; рук-ли: А.А. Митрофанов, асс. (НИУ «МЭИ»),
Семерня Р.Е. (ООО «Радиокомп»)*

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВОЛНОВОДНЫХ ФИЛЬТРОВ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ ОТ 10,7 ДО 12,7 ГГц

Использование сантиметрового и миллиметрового диапазонов длин волн стало одной из основных тенденций развития как наземных, так и космических радиоэлектронных систем. Международным комитетом по регистрации частот и Международным консультативным комитетом по радио для систем спутниковой связи и телевидения выделены частоты в диапазоне от 10,7 до 12,75 ГГц [1].

Для обеспечения требований электромагнитной совместимости широкое распространение в этом диапазоне частот получили волноводные фильтры, т.к. обладают высокой добротностью, температурной стабильностью и высокой предельной пропускаемой мощностью. К недостаткам таких устройств относятся большие размеры и ограниченный диапазон рабочих частот, определяемый критическими частотами основного и высшего типов длин волн.

В работе представлена методика расчета и моделирования полосового волноводного СВЧ фильтра с металлическими вставками в Е-плоскости на основе фильтра прототипа НЧ [2]. По представленной методике были найдены оптимальные геометрические размеры элементов конструкции, получены оценки для диапазона перестройки полосы пропускания фильтра, рассчитаны подстроечные элементы. Моделирование устройства проводилось в программе для трехмерного полноволнового электродинамического моделирования.

В работе также даны практические рекомендации по методам настройки таких устройств, сформулированы требования к калибровочным наборам и точности изготовления устройств.

Нахождение оптимальных геометрических параметров волновода позволяет получить конструкцию, пригодную для обеспечения требуемых характеристик рассеяния устройства в исследуемом диапазоне частот.

Литература

1. **Бушев Н.А., Мещанов В.П.** СВЧ-фильтры и мультиплексоры для систем космической связи. Москва, Радиотехника, 2017г.
2. **Фильтры СВЧ**, согласующие цепи и цепи связи, т. 1. Под ред. **Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М.**, М.: Связь, 1971. 349 с

*И. А. Назариков, студ.; рук-ли: А.А.Митрофанов, асс. (НИУ «МЭИ»),
А.А. Алексаян (ООО «Радиокомп»)*

АДАПТИВНЫЙ СОГЛАСУЮЩИЙ ФИЛЬТР НА СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРАХ

При эксплуатации антенн часто возникают ситуации, когда меняется окружающая их электромагнитная обстановка. Это приводит к изменению комплексного сопротивления антенны и, соответственно, к рассогласованию антенны и подключенного к ней тракта. Вследствие этого увеличиваются потери энергии на отражение и снижается КПД устройства.

Для устранения потерь используются адаптивные согласующие фильтры, в которых происходит адаптивное изменение номиналов элементов схемы. В качестве перестраиваемых элементов применяются конденсаторы на основе сегнетоэлектриков, где в зависимости от приложенного внешнего постоянного напряжения меняется поляризация заполняющего конденсатор диэлектрика и, следовательно, его емкость. Преимуществом сегнетоэлектрических конденсаторов по сравнению с варикапами является более высокая добротность.

В данной работе рассмотрены схемы построения адаптивных согласующих фильтров на основе перестраиваемых конденсаторов. Произведён расчёт согласующего устройства дециметровых длин волн на сегнетоэлектрических конденсаторах, определены диапазоны изменения сопротивления антенно-фидерного тракта, при которых возможно обеспечить согласование.

Предложены алгоритмы управления номиналами емкостей конденсаторов с целью обеспечения согласования устройств в заданном диапазоне изменений подключаемого к фильтру комплексных сопротивлений. Предложенные алгоритмы были проанализированы по критериям максимальной частотной полосы согласования и минимальных значений коэффициентов отражений фильтра по входу и выходу.

Использование адаптивных согласующих фильтров позволяет увеличить КПД приемных и передающих устройств.

Литература

1. **Фуско В.** СВЧ цепи. Анализ и автоматизированное проектирование: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1990.
2. **Плескачев Владимир Владимирович.** Исследование и разработка перестраиваемых СВЧ фильтров на основе сегнетоэлектрических конденсаторов : Дис. ... канд. техн. наук : 05.12.07 : СПб., 2004 168 с.

В. И. Бабаев, студ., Н. А. Чучков, студ.;
рук-ль: А.А. Митрофанов, асс. (НИУ «МЭИ»)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАССИВНЫХ АНАЛОГОВЫХ УСТРОЙСТВ ДИАПАЗОНА 2...4 ГГц ПО ТЕХНОЛОГИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СОВМЕСТНО ОБЖИГАЕМОЙ КЕРАМИКИ

Одной из тенденций электроники является уменьшение габаритных размеров электронных компонентов при сохранении их высоких эксплуатационных свойств. Так, для производства многослойных СВЧ плат последние годы большую популярность приобрела технология низкотемпературной совместно обжигаемой керамики (Low Temperature Co-fired Ceramics, LTCC) [1]. Преимуществами такой технологии являются низкое значение тангенса диэлектрических потерь (порядка 10^{-3}), высокая повторяемость изготавливаемых структур, низкая стоимость при массовом производстве и возможность создания трехмерных сборок с кристаллами и компонентами поверхностного монтажа.

В данной работе авторами проведен расчет фильтров на симметричных полосковых линиях с дополнительными полюсами затухания за счет кросс-связей для подавления нежелательных спектральных составляющих [2]. Для таких фильтров большое значение имеет точность используемой технологии производства, т.к. небольшие отклонения в размерах линий приводят к существенному искажению амплитудно-частотных характеристик фильтров.

В работе проведен анализ технологических допусков при изготовлении печатных плат по разным классам точности в соответствии со действующими стандартами межпроцессорного взаимодействия (Inter Process Communications, IPC). На основе этих допусков был проведен статистический анализ возможных искажений частотных характеристик таких фильтров.

Полученные результаты позволяют сформулировать требования при производстве многослойных печатных плат диапазона 2...4 ГГц, предсказать возможные искажения частотных характеристик фильтров и оптимизировать топологию устройства.

Литература

1. **Hong J.-Sh., Lancaster M. J.** Microstrip Filters for RF / Microwave Applications. Wiley, N.Y., 2001. P. 224-227.
2. **Симин А., Холодняк Д., Вендик И.** Многослойные интегральные схемы сверхвысоких частот на основе керамики с низкой температурой обжига // Компоненты и технологии, 2005. № 5.

Д.А. Фролов, асп.; рук. Д.П. Царапкин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ПРИБЛИЖЁННЫЙ АНАЛИЗ БИГАРМОНИЧЕСКОГО
 АВТОГЕНЕРАТОРА НА ИНЕРЦИОННОМ
 АКТИВНОМ ПРИБОРЕ**

Описанный в [1] метод снижения фазового шума автогенератора, основанный на явлении взаимной синхронизации колебаний в бигармоническом автогенераторе (БАГ) с кратными частотами [2], исследован в предположении безынерционности активного прибора (АП). Данное допущение становится неверным в диапазоне СВЧ.

Расчёты характеристик типичного СВЧ транзистора [3] показали возможность упрощённого описания такого АП в виде нелинейного звена и последующей линии задержки, где, в первом приближении, запаздывание выходного тока прямо пропорционально номеру гармоники.

На основе этой модели в предлагаемой работе изучается влияние запаздывания в АП на характеристики БАГ. В частности, на рис. 1 представлены кривые затягивания БАГ в синхронном режиме при отклонении частоты ω_2 контура 2-ой гармоники от точной кратности частоте первого контура ω_1 при вариации запаздывания по 1-ой гармонике вплоть до 45° (T – постоянная времени колебательной системы, T_1 – постоянная времени 1-ого контура). Нулевое запаздывание соответствует каноническому случаю [2]. Полученные данные позволяют поставить задачу оптимизации параметров БАГ.

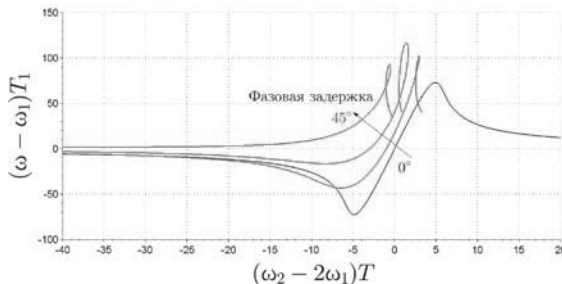


Рис. 1. Кривые затягивания БАГ

Литература

1. Tsarapkin D.P., Chichvarin M. I., Isakov I.A. Experimental verification of compensation phenomena in oscillators with two multiple modes / Proc. 2000 IEEE/EIA IFCS, 7-9 June 2000, Kansas City, MO, U.S.A., pp. 463-470.
2. Уткин Г.М. Автоколебательные системы и волновые усилители. – М.: Сов. радио, 1978. – 272 с.
3. Царапкин Д.П., Фролов Д.А. К анализу характеристик транзисторного автогенератора с двумя синхронными модами. Радиоэлектроника, электротехника и энер-

К.И. Сурин, студ.; рук. Г.И. Коптев, к.т.н., доц., (НИУ «МЭИ»)

ЕМКОСТНАЯ ТРЕХТОЧКА RC

При разработке и исследовании одной из схем кварцевого автогенератора (КАГ) на биполярном транзисторе (БТ) нами были обнаружены паразитные колебания, вызванные обратной связью (ОС) через цепь, показанную на рис. 1,а и подобную цепи ОС емкостной трехточки [1], в которой контурная индуктивность заменена сопротивлением $R3$.

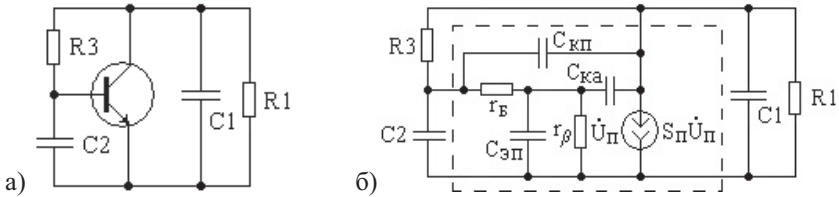


Рис. 1. Схема БТ с цепью ОС (а) и ее эквивалентная схема (б)

Механизм возникновения паразитных автоколебаний становится понятным после перехода от принципиальной схемы рис. 1,а к эквивалентной схеме рис. 1,б, из которой видно, что прототипом паразитного автогенератора является известный RC-автогенератор с трёхзвенным фазовращателем типа фильтра нижних частот [2].

Расчет условий паразитного самовозбуждения по эквивалентной схеме рис. 1,б позволил найти связь между внешними элементами, показанными на рис. 1,а, и параметрами модели транзистора, а также **сформулировать рекомендации** по выбору параметров элементов схемы КАГ, исключающему возникновение паразитных колебаний.

Кроме того, теоретико-колебательный анализ работы КАГ позволил найти способ борьбы с паразитными автоколебаниями за счёт использования явления асинхронного подавления этих автоколебаний рабочими колебаниями в КАГ. Суть его состоит в обеспечении плавной подачи на кварцевый генератор питающего напряжения $E_{п}$ (например, с помощью RC – фильтра нижних частот), при которой опережающий рост амплитуды рабочих колебаний снижает запас по самовозбуждению для паразитных колебаний и предотвращает их возникновение.

Литература

1. **Генерирование** колебаний и формирование радиосигналов. Учебное пособие. Под ред. В.Н. Кулешова и Н.Н. Удалова. - М.: Издательский дом МЭИ, 2008.
2. **Бондаренко В.Г.** RC-генераторы синусоидальных колебаний. -М. Связь, 1976.

Д.А. Ишмуков, студ.; рук. В.В. Афанасьев, д.т.н., проф.
(КНИТУ-КАИ имени А.Н. Туполева, Казань)

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ С ХАОТИЧЕСКОЙ МАСКИРОВКОЙ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫМИ СИГНАЛАМИ СИСТЕМЫ ЧУА

Одним из способов защиты передаваемой информации является использование динамического хаоса, обеспечивающего эффективное шифрование информации и скрытие передачи данных [1]. В работе рассмотрены особенности хаотической маскировки информационных сообщений псевдослучайными сигналами системы Чуа.

Целью работы является моделирование базовых узлов системы конфиденциальной цифровой передачи информации с хаотической маскировкой псевдослучайными сигналами для обоснования инженерных рекомендаций по выбору параметров и характеристик системы Чуа.

Моделирование блоков системы передачи информации с хаотической маскировкой псевдослучайными сигналами системы Чуа проведено в программной среде MatLab. Разработанные средства моделирования позволили изменять начальные параметры системы, а также исследовать полученные статистические характеристики псевдослучайных сигналов системы Чуа при вариации её параметров.

Обоснованы инженерные рекомендации по выбору параметров узлов системы передачи информации с хаотической маскировкой псевдослучайными сигналами системы Чуа.

Показано, что разработанные средства моделирования могут быть использованы для исследования и оптимизации систем передачи информации на основе хаотической маскировки псевдослучайными сигналами системы Чуа.

Литература

1. Дмитриев А. С., Панас А.И. Динамический хаос: новые носители информации для систем связи. - М.: Издательство Физико-математической литературы, 2002. - 252с.

Секция 3

УСТРОЙСТВА ОБРАБОТКИ РАДИОСИГНАЛОВ

Руководитель секции: Гребенко Юрий Александрович

Секретарь секции: Филатов Виктор Александрович

Т.Н. Перкова, студ.; рук. М.Ю. Лишак, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА В СИСТЕМЕ MATLAB
УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ В
УСЛОВИЯХ ИСКАЖЕНИЙ**

В современных системах ультразвуковой (УЗ) дефектоскопии для повышения разрешающей способности и помехоустойчивости используются сигналы и методы их обработки, разработанные ранее для решения задач радиолокации [1]. Одним из таких сигналов является импульсный сигнал с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), так как он одновременно обеспечивает высокую чувствительность и разрешающую способность измерительного устройства. Оптимальный приём таких сигналов производится с использованием согласованных фильтров (СФ), что обеспечивает повышение отношения сигнал-шум и уменьшение длительности сигнала. Однако ограниченность полосы пропускания и неравномерность частотных характеристик передающего и приёмного УЗ-преобразователей приводят к искажению сигнала на выходе СФ. Для коррекции этих искажений могут быть применены известные методы восстановления сигналов [2].

Для исследования искажений сигнала на выходе СФ и оценки возможности их уменьшения методами восстановления сигналов в системе математических расчётов MATLAB была разработана модель измерителя задержки УЗ-сигнала при его прохождении через твёрдую среду. Влияние на сигнал УЗ-преобразователей моделируется как прохождение сигнала через линейную систему с заданной импульсной характеристикой. Цифровая обработка сигнала производится методом комплексных огибающих. В модели рассчитывается сквозная частотная характеристика преобразователей, спектр передаваемого и принимаемого сигналов, отклик СФ, а также моделируется алгоритм восстановления искажённого сигнала.

В докладе приводятся характеристики алгоритма восстановления, основанного на использовании предварительно измеренной результирующей импульсной характеристики УЗ-преобразователей, спектр принимаемого сигнала и отклик СФ при различных значениях девиации частоты ЛЧМ-импульса.

Литература

1. **Качанов В.К., Карташев В.Г., Соколов И.В., Шалимова Е.В.** Ультразвуковая адаптивная многофункциональная дефектоскопия – М.: Издательский дом МЭИ, 2015.
2. **Василенко Г.И.** Теория восстановления сигналов – М.: Советское радио, 1979.

**С.В. Ковалев, асп.; рук. Ю.А. Гребенко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕННОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ
КОНФИГУРИРУЕМЫХ ПРИЁМОПЕРЕДАТЧИКОВ**

При разработке радиосистем с несколькими приёмопередатчиками, работающими от разных источников опорных колебаний, необходимо обеспечить их временную синхронизацию. Известно, что можно использовать шкалу времени (ШВ) одной из глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Однако, при затруднённом приёме сигналов ГНСС появляются трудности с поддержанием в радиосистеме внутренней ШВ. Анализ альтернативных вариантов (без использования ШВ ГНСС, но с точностью не хуже, чем обеспечивает ГНСС) временной синхронизации, является актуальным.

В докладе приводятся результаты сравнительного анализа применимости нескольких протоколов временной синхронизации в радиосистеме с современными приёмопередатчиками устройствами в виде интегральных микросхем (ИМС) программно-конфигурируемых приёмопередатчиков (ПКПП). Анализируются следующие протоколы: Time-Sync Protocol [1], Two Way Time Transfer [2] и Flooding Time Synchronization [3].

Для проведения исследований применимости указанных протоколов доработана математическая модель системы, состоящей из трёх приёмопередатчиков устройств, с учётом характеристик радиочастотного тракта ПКПП [4]. Представлены результаты моделирования. В качестве математической модели приёмопередатчика использовалась модель ИМС ПКПП AD9361, представленная в математическом пакете MATLAB Simulink.

Результаты исследования, приведённые в докладе, показывают возможность построения системы временной синхронизации с точностью не хуже, чем с применением ШВ ГНСС.

Литература

1. **Roche Michael** Time synchronization in wireless networks. - 2006. https://www.cse.wustl.edu/~jain/cse574-06/ftp/time_sync/index.html.
2. **Hanson D. W.** Fundamentals of two-way time transfers by satellite // Proceedings of the 43rd Annual Symposium on Frequency Control, 1989.
3. **Poovendran Radha, Wang Cliff, Roy Sumit** Secure Localization and Time Synchronization for Wireless Sensor and Ad Hoc Networks. - Springer, 2007.
4. **Ковалев С.В.** Исследование нелинейности радиочастотного конфигурируемого приемника // Радиотехника, электротехника и энергетика: XXIV Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. - М.: ООО «Центр полиграфических услуг „Радуга“», 2018.

Аунг Ко Мин, асп.; рук. Ю.А. Гребенко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**КОМПЛЕКСНЫЕ ПОЛОСОВЫЕ ФИЛЬТРЫ НА БАЗЕ
 ЭЛЕМЕНТОВ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАДЕРЖКИ НА
 ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫХ КОНДЕНСАТОРАХ**

Фильтры на переключаемых конденсаторах используются достаточно широко [1]. В докладе рассматривается методика разработки комплексных полосовых фильтров на комплексных задержках, реализованных на переключаемых конденсаторах (ПК). Схемотехническая реализация комплексной задержки может быть выполнена по схеме, показанной на рис.1. Такой вариант реализации не отражён в технической литературе, но представляется перспективным, так как в нём используются только два операционных усилителя. Методика проиллюстрирована примером разработки комплексного полосового фильтра с НЧ-прототипом Баттерворта третьего порядка [2]. Проводится сопоставление АЧХ модели дискретного фильтра на элементах задержки и АЧХ для модели схемы фильтра выполненной на комплексных задержках, реализованных на ПК.

Для сравнения вариантов схем предлагается также проводить моделирование во временной области, например, сравнивая по форме импульсные характеристики рассматриваемых схем. Импульсные характеристики рассчитываются программой MicroCap для обеих сравниваемых схем.

В докладе приводятся результаты, подтверждающие эффективность предлагаемого подхода.

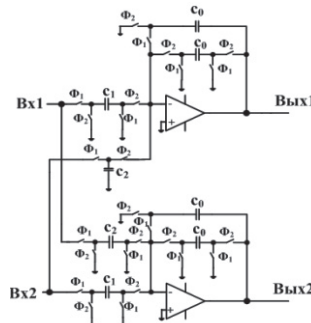


Рис.1. Комплексная задержка на ПК

Литература

1. Аллен Ф., Санчес-Синенсio Э. Электронные схемы с переключаемыми конденсаторами / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1989.
2. Гребенко Ю.А. Методы цифровой обработки сигналов в радиоприемных устройствах. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006.

Аунг Ко Мин, асп.; рук. Ю.А. Гребенко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ПОЛОСОВЫХ ФИЛЬТРОВ
 НА ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫХ КОНДЕНСАТОРАХ ПО
 АНАЛОГОВЫМ ПРОТОТИПАМ**

В докладе рассматривается реализация комплексных полосовых фильтров с использованием схемотехники на переключаемых конденсаторах (ПК) [1]. Приводятся вариант расчёта и результаты моделирования комплексного полосового фильтра Баттерворта с НЧ-прототипом третьего порядка, реализованного на базе комплексных инвертирующих интеграторов на ПК (Рис.1.). Такой вариант реализации не отражён в технической литературе, но представляется перспективным, так как появляется возможность использования структурных схем фильтров, разработанных для решения задач аналоговой фильтрации [2].

В докладе наряду с процедурой схемотехнической реализации рассматриваемого SC-фильтра большое внимание уделено схемотехническому моделированию фильтров на ПК. Проводится сопоставление АЧХ, полученной при моделировании аналогового комплексного полосового фильтра, и АЧХ, получаемой для модели схемы фильтра с конденсаторами и ключами.

Для сравнения вариантов схем предлагается также проводить моделирование во временной области, например, сравнивая по форме импульсные характеристики рассматриваемых схем.

В докладе приводятся результаты, подтверждающие эффективность предлагаемого подхода.

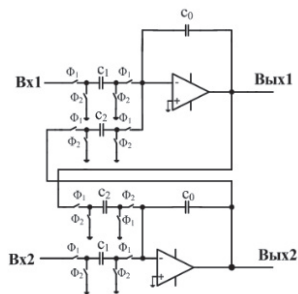


Рис.1. Комплексный инвертирующий интегратор на ПК

Литература

1. Аллен Ф., Санчес-Синенсио Э. Электронные схемы с переключаемыми конденсаторами / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1989.
2. Гребенко Ю.А. Системотехническое проектирование аналоговых устройств обработки сигналов.- М.: Радио и связь, 1992.

*А.М. Левадний, студ.; М.Ю. Зинченко, асп.;
рук. Ю.А. Гребенко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)»*

РЕАЛИЗАЦИЯ КАСКАДНОГО КОДЕКА В БАЗИСЕ ПЛИС ДЛЯ ПОРТАТИВНЫХ УСТРОЙСТВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

В настоящее время к системам передачи информации предъявляются высокие требования, такие как энергетическая и спектральная эффективность, высоконадежная передача информации по каналам с помехами и др. Методы помехоустойчивого кодирования позволяют значительно улучшить характеристики таких систем.

Широкое распространение в последние годы получили низкоплотностные коды исправления ошибок. Однако у низкоплотностных кодов есть недостаток в виде области насыщения вероятности битовой ошибки. Одним из способов устранения этого недостатка является использование метода каскадного кодирования [1].

Представленная в данном докладе работа сохраняет методическую основу исследований и подход к практическим реализациям из [2 – 4] и посвящена реализации алгоритмов кодирования и декодирования каскадного кода в базе ПЛИС.

Аппаратная реализация процедур кодирования и декодирования в базе ПЛИС является нетривиальной задачей, особенно для портативных устройств передачи данных, которые имеют ограниченное время автономной работы.

В докладе представлен результат решения этой задачи – реализация кодека низкоплотностных кодов стандарта DVB–S2 в совокупности с кодеком Рида–Соломона с оптимальным использованием аппаратных ресурсов ПЛИС.

Литература

1. **Бернард Скляр.** Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Издательский дом «Вильямс». 2003.
2. **Левадний А.М., Зинченко М.Ю.** Исследование и реализация на ПЛИС кодирования и декодирования информации при помощи кодов Рида–Соломона // Радиотехника, электроника и энергетика: XXIII Междунар. НТК студентов и аспирантов: Тез. докл. – М.: Издательский дом МЭИ. 2017. Т. 1. С.56.
3. **Зинченко М.Ю.** Реализация декодера низкоплотностных кодов на ПЛИС для портативных систем передачи данных // Радиотехника, электроника и энергетика: XXIII Междунар. НТК студентов и аспирантов: Тез. докл. – М.: Издательский дом МЭИ. 2017. Т. 1. С.49
4. **Левадний А.М., Зинченко М.Ю.** Реализация в базе ПЛИС кодера низкоплотностных кодов для портативных устройств передачи данных // Радиотехника, электроника и энергетика: XXIV Междунар. НТК студентов и аспирантов: Тез. докл. – М.: ООО «Центр полиграфических услуг „Радуга“», 2018. С.33

Н.Д. Сергиенко, студ.; рук. П.С. Остапенков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**РЕАЛИЗАЦИЯ БЛОКА ПРЯМОГО ДОСТУПА К ПАМЯТИ
НА ПЛИС SPARTAN-6**

В настоящее время программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) в совокупности с микропроцессором широко используются при реализации различных систем цифровой обработки сигналов [1]. Известно, что при увеличении скорости и объема информационного потока микропроцессор может не успевать обрабатывать часть информации и отдельные пакеты данных будут утеряны. Для увеличения скорости передачи данных в периферийную память DDR используют операцию прямого доступа к памяти (ПДП) в обход микропроцессора.

В докладе рассматривается решение задачи реализации блока прямого доступа к памяти на базе ПЛИС компании Xilinx Spartan-6 XC6SLX150 с использованием RISC микропроцессора MicroBlaze, реализуемого внутри кристалла ПЛИС, и периферийной памяти DDR объемом 1 Гб.

При решении задачи использовалась шина AXIS_S2MM, по которой обеспечивалась передача данных из буфера FIFO. Полученная информация напрямую передавалась в периферийную память DDR. Управление памятью DDR и блоком AXI-DMA осуществлялось микропроцессором посредством шины AXI-Lite [2].

Создание проекта для ПЛИС осуществлялось в САПР «Integrated Synthesis Environment» компании Xilinx. Для настройки микропроцессора на кристалле был задействован САПР «Xilinx Platform Studio» и среда разработки Xilinx «Software Development Kit».

В дополнение к решению задачи реализации блока ПДП на ПЛИС в работе рассмотрены особенности его имплементации и конфигурации.

Результаты выполненной работы пригодны к использованию в учебном процессе и при проектировании устройств высокоскоростной обработки данных.

Литература

1. **Максфилд К.** Проектирование на ПЛИС. Архитектура, средства и методы. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2015.
2. **Спецификация** [электронный ресурс]. URL: https://www.xilinx.com/support/documentation/ip_documentation/axi_dma/v6_03_a/pg021_axi_dma.pdf

Д.О. Артамонов, студ.; рук. Ю.Г. Тратас, д.т.н. (НИИ-1, Балашиха)
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО АДАПТИВНОГО
 СОГЛАСОВАННОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ИМПУЛЬСНОГО
 СИГНАЛА**

В докладе приводятся результаты исследований алгоритма приёма широкополосного радиосигнала в условиях многолучевого распространения сигналов и наличия узкополосных помех.

Передача цифровых данных от передающего устройства осуществляется последовательностью радиоимпульсов с высокой скважностью. В качестве модуляции рассматривается время-импульсная манипуляция радиоимпульса в информационных окнах.

В данной работе предполагается, что во время приёма помеховая обстановка и условия распространения сигнала могут меняться, что влечет за собой необходимость адаптации приёмного устройства [1].

В работе рассмотрен алгоритм, по которому реализуется адаптивный фильтр, предназначенный для слежения за медленными изменениями условия приёма и режекции помех в полосе сигнала, а также обеспечивающий на выходе фильтра максимальное отношение сигнал / (помеха + шум).

Данный алгоритм подразумевает расчёт весовой матрицы, не прибегая к вычислению обратной корреляционной матрицы помехи. Изменения корреляционной матрицы помехи приводят к соответствующим изменениям весовой матрицы, что делает данный фильтр адаптивным по отношению к помехе. Математическая модель алгоритма описывается следующими выражениями

$$\mathbf{H}_{k+1} = \frac{\mathbf{W}_k(\mathbf{R}_k\mathbf{H}_k)}{\sqrt{(\mathbf{R}_k\mathbf{H}_k)\mathbf{H}_k}}, \quad (1)$$

$$\mathbf{W}_{k+1} = \frac{1}{1-a} \left[\mathbf{W}_k - \frac{a(\mathbf{W}_k\mathbf{u}^{<k>})[\mathbf{W}_k\mathbf{u}^{<k>}]^T}{1-a+a[\mathbf{u}^{<k>}(\mathbf{W}_k\mathbf{u}^{<k>})]} \right], \quad (2)$$

$$\mathbf{R}_{k+1} = (1-a)\mathbf{R}_k - a[(\mathbf{s} + \mathbf{u}^{<k>})(\mathbf{s} + \mathbf{u}^{<k>})^T], \quad (3)$$

где (1) – импульсная характеристика фильтра, (2) – весовая матрица, (3) – корреляционная матрица.

Результаты моделирования показывают, что адаптивный фильтр максимально эффективно выполняет решаемую задачу.

Литература

1. **Джиган В.И.** Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы. – М.: Техносфера, 2013.

*Д.А. Межраун, студ.; Р.И. Поляк, соиск.;
рук-ли В.А. Филатов, ст. преп.; А.В. Шукин, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)*

РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВОГО УСТРОЙСТВА ЛИНЕАРИЗАЦИИ ФЧХ АНАЛОГОВОГО ФИЛЬТРА

При приёме и обработке широкополосных радиосигналов необходимо обеспечить постоянство группового времени запаздывания (ГВЗ) для различных составляющих спектра полезного сигнала, прошедших через избирательные цепи, в частности, фильтр нижних частот (ФНЧ). Одним из эффективных способов уменьшения неравномерности ГВЗ является линейризация фазочастотной характеристики (ФЧХ) ФНЧ с помощью устройства в виде цифрового корректирующего фильтра с конечной импульсной характеристикой (КИХ) [1].

В докладе рассматривается реализация такого корректирующего КИХ-фильтра на базе микроконтроллера (МК) серии STM32F4 и приводятся результаты исследования эффективности линейризации ФЧХ аналогового ФНЧ.

В качестве примера использован фильтр Баттерворта 5-го порядка с частотой среза 1 кГц. По команде МК отправляет на его вход зондирующий импульс, далее с помощью встроенного 12-битного АЦП с частотой дискретизации 10 кГц снимаются 100 отсчетов импульсной характеристики (ИХ) данного аналогового фильтра. Затем согласно [1] порядок отсчетов ИХ программно изменяется на обратный, а уровень нормируется. Таким образом, отпадает необходимость изменять алгоритм работы МК при замене используемого в системе аналогового ФНЧ на другой.

Адаптация алгоритма работы КИХ-фильтра [2] под МК проводилась в среде MatLAB с помощью ИХ, полученной в программе Micro-CAP. Отладка и написание программного обеспечения для МК выполнялись в среде программирования Keil uVision. Проектирование экспериментального образца осуществлялось в САПР AltiumDesigner.

Исследования показали, что реализованное корректирующее цифровое устройство обеспечивает существенное уменьшение неравномерности ГВЗ и перспективно в практическом использовании.

Литература

1. **Гребенко Ю.А., Поляк Р.И.** Линейризация фазочастотной характеристики фильтра нижних частот // Вестник МЭИ. 2015. № 3.
2. **Гребенко Ю.А.** Методы цифровой обработки сигналов в радиоприемных устройствах. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006.

А.П. Щукин студ.; М.Ю. Зинченко, асп.;

рук-ли: Ю.А. Гребенко, д.т.н., проф.;

П.С. Остапенков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА РАСЧЁТА СПЕКТРА СИГНАЛА НА ПЛИС

Одним из важнейших инструментов спектрального анализа сигналов, широко используемого в научных и инженерных задачах цифровой обработки сигналов, является дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Разработано достаточно много алгоритмов быстрого преобразования Фурье (БПФ), повышающих эффективность вычислений, при этом вычисляется спектр не бесконечного сигнала, а ограниченного временного интервала.

Ограничение интервала анализа достигается путём умножения исходного сигнала на оконную функцию [1]:

$$F(m, \omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(n)w(n - m) e^{-j\omega n}$$

где $w(n - m)$ – некоторая оконная функция.

Спектр, полученный при помощи такого преобразования, является оценкой спектра исходного сигнала и имеет искажённую форму. Искажения спектра зависят от размера окна и его формы.

Представленное выше преобразование сигнала реализовано в качестве алгоритма на основе БПФ, а также оптимизировано для вычислений как на архитектуре процессоров Intel x64 (с помощью соответствующих математических библиотек), так и на ПЛИС фирмы Xilinx (модель Artix-7 200t) [2].

В ходе выполнения данной работы было исследовано влияние различных оконных функций на вид спектра сигнала, произведена оптимизация алгоритма под ПЛИС с последующей проверкой работоспособности на макетной плате.

Разработанная реализация алгоритма предназначена для использования в программно-определяемой радиосистеме, включающей ПЛИС и трансивер модели AD9361 [3], а также USB-контроллер для организации интерфейса с ПК.

Литература

1. **Steven W. Smith** The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing. – San Diego, California, USA: California Technical Publishing, 2011.
2. **Спецификация** [Электронный ресурс]. URL: https://www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds181_Artix_7_Data_Sheet.pdf
3. **Спецификация** [Электронный ресурс]. URL: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD9361.pdf>

Е.С. Чесноков, студ.; рук. В.А. Филатов, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ МАРШРУТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ НА ПАИС 5400ТР035**

Процесс создания устройств аналоговой обработки сигналов требует существенных временных и интеллектуальных затрат и обычно подразумевает несколько итераций до получения необходимых характеристик. Одним из способов снижения таких затрат становится применение программируемой пользователем аналоговой интегральной схемы (ПАИС) КомПАС-1 5400ТР035, разработанной зеленоградской компанией «ДИЗАЙН ЦЕНТР «СОЮЗ» для изделий ответственного назначения.

Микросхема ПАИС изготавливается по КМОП КНИ технологическому процессу, размещается в 48-ми выводном компактном металлокерамическом корпусе. Микросхема содержит в своем составе 44 блока с операционными усилителями; модули, предназначенные для программирования узлов с произвольной электрической схемой на уровне отдельных транзисторов, резисторов и конденсаторов; источник опорного напряжения; регулируемый стабилизатор напряжения; 6-ти канальный аналоговый мультиплексор; а также более 30 тысяч конфигурационных ключей, которые определяют формируемую пользователем схему. Для проектирования и компьютерного моделирования схем служит САПР Electric™ VLSI Design System с библиотекой моделей компонентов ПАИС и отладочный комплект для макетирования. Маршрут проектирования состоит из следующих этапов [1]:

- разработка и моделирование принципиальной электрической схемы;
- создание конфигурационной последовательности;
- запись конфигурационной последовательности в память микросхемы на отладочном макете и проверка ее функционирования;
- финальное программирование с записью постоянной конфигурации.

В докладе обсуждаются вопросы, связанные с маршрутом сквозного проектирования устройств на основе ПАИС и требуемых при этом ресурсов. Показана возможность на начальном этапе обучения и проектирования устройств на ПАИС использования программы MicroCAP, освоенной студентами в учебных курсах. Подготовлена библиотека моделей основных компонентов ПАИС для программы MicroCap.

Литература

1. Эннс В.И., Кобзев Ю.М. Проектирование аналоговых КМОП-микросхем // Краткий справочник разработчика. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005.

Р.А. Иванов, асп.; рук. Ю.А. Гребенко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПЛИС АЛГОРИТМА
ЛИНЕАРИЗАЦИИ ФАЗОЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
АНАЛОГОВОГО ФИЛЬТРА НИЖНИХ ЧАСТОТ**

При использовании в радиоканале широкополосных сигналов, таких как OFDM, с высоким уровнем модуляции (QAM-256 и выше), нелинейные фазочастотные характеристики (ФЧХ) трактов приёмопередатчика могут ухудшать характеристики радиоканала. Поэтому при разработке систем обработки широкополосных сигналов необходимо, чтобы ФЧХ была близка к линейной и, соответственно, характеристика группового времени запаздывания имела в полосе пропускания малую неравномерность.

Представляет интерес оценить возможности описанного в [1] способа линейризации ФЧХ аналогового фильтра нижних частот (ФНЧ) с использованием корректирующего цифрового фильтра с конечной импульсной характеристикой (КИХ).

В докладе приводятся результаты моделирования в среде MATLAB алгоритма такой линейризации ФЧХ на примере ФНЧ Баттерворта 3-го и 5-го порядков. Рассматриваются результаты экспериментальных исследований работы алгоритма, реализованного на ПЛИС Xilinx Artix-7 применительно к интегральному радиотрансиверу Analog Devices AD9361 с шириной полосы канала от 9 МГц до 40 МГц в диапазоне частот от 4,4 ГГц до 5 ГГц.

Приводится оценка точности линейризации ФЧХ при изменении различных параметров алгоритма линейризации: степени округления коэффициентов импульсной характеристики (ИХ), количества коэффициентов ИХ, частоты дискретизации. Проводится сравнение результатов линейризации, полученных при моделировании и в ходе проведенного эксперимента.

В заключение делается вывод об эффективности рассматриваемого алгоритма и необходимости его практического использования.

Литература

1. Гребенко Ю.А., Поляк Р.И. Линейризация фазочастотной характеристики фильтра нижних частот // Вестник МЭИ. 2015. № 3. С. 90—94.

*М.Н. Балдаев, студ.; рук-ли Ю.А. Гребенко, д.т.н., проф.;
А.В. Шукин, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА БЕСПРОВОДНОГО КОНТРОЛЯ ЧАСТОТЫ РЕЗОНАНСА ДАТЧИКА НА ПАВ

Энергонезависимые беспроводные резонаторные датчики на поверхностных акустических волнах (ПАВ) предоставляют уникальные возможности для мониторинга критически важных неэлектрических параметров, например, температуры в диапазоне от минус 250°С до плюс 700°С и выше. Параметром, зависимым от температуры, является частота резонанса такого датчика. Необходимость беспроводного контроля этой частоты определяет задачу построения соответствующего технического средства.

В докладе рассматривается решение этой задачи. Требуемое устройство формирует зондирующие радиоимпульсы, вызывающие вынужденные колебания датчика, регистрирует ответный сигнал и определяет его частоту (частоту резонанса датчика). Оно реализовано с использованием цифруправляемого трансивера DP1205 [1] и управляющего микроконтроллера dsPIC33FJ128GP706 [2].

Трансивер в режиме передачи позволяет формировать зондирующий сигнал в диапазоне от 433 МГц до 435 МГц с шагом 500 Гц. В режиме приёма на основе трансивера построена система автоматического слежения за частотой резонанса датчика. Особенностью разработки является реализация фазового метода измерения частоты с использованием квадратурных каналов трансивера DP1205.

В состав микроконтроллера входят два модуля АЦП для обработки квадратурных составляющих ответного сигнала, модуль DMA и интерфейсы I²C, SPI для управления трансивером и периферийными устройствами. Информация о режимах работы и температуре отображается на графическом индикаторе.

Написание и отладка программного обеспечения для микроконтроллера выполнены в среде программирования MPLAB X IDE. Реализованы алгоритм цифровой обработки ответного сигнала и алгоритм автоматического слежения за частотой резонанса датчика.

Разработан и изготовлен образец требуемого устройства в макетном исполнении.

Литература

1. **Спецификация** [Электронный ресурс]. URL: <https://www.semtech.com/uploads/documents/xel205.pdf>
2. **Спецификация** [Электронный ресурс]. URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70286C.pdf>

М.С. Лешкова, студ.; рук. Ю.А. Гребенко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**АЛГОРИТМ СИНХРОНИЗАЦИИ И РАЗДЕЛЕНИЯ КАНАЛОВ
В МНОГОКАНАЛЬНОЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ
ПЕРЕДАЧИ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ**

В докладе приводятся результаты моделирования многоканальной радиосистемы передачи цифровой информации, в которой передающие устройства осуществляют одновременную передачу информации в общей полосе частот и асинхронно.

Для минимизации влияния помех от одновременно работающих в общей полосе частот передающих устройств (далее – помех множественного доступа) предлагается использовать для каждого передающего устройства кодовые комбинации последовательностей радиопульсов с высокой скважностью. Кодовая комбинация импульсов характеризуется временной задержкой между импульсами. При этом временные задержки между импульсами должны быть выбраны таким образом, чтобы при любом взаимном сдвиге между кодовыми последовательностями можно было выделить полезный сигнал из помех множественного доступа.

Автором разработан алгоритм, позволяющий осуществлять приём кодовой комбинации импульсов от любого количества устройств.

В докладе приведено описание алгоритма синхронизации, рассмотрено влияние помехи множественного доступа на характеристики радиолинии, а также приведены результаты численного моделирования пятиканальной радиолинии с учетом помехи множественного доступа.

Результаты моделирования показали, что предложенный алгоритм работы многоканальной радиосистемы позволяет выделять из помех множественного доступа информационные сигналы отдельного канала без необходимости организации обратной линии связи и жёсткой синхронизации передающих и приёмного устройств.

М.Ю. Зинченко, асп.; рук. Ю.А. Гребенко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ LDPC КОДА СТАНДАРТА DVB-S2
НА АРХИТЕКТУРУ ДЕКОДЕРА В ПЛИС**

В современных цифровых каналах связи применение методов помехоустойчивого кодирования является ключевым этапом обработки данных [1]. В стандарте DVB-S2 определено каскадное канальное кодирование, использующее внешний код Боуза-Чоудхури-Хоквингема (БЧХ) и внутренний код с малой плотностью проверок на четность (LDPC). Низкоплотностный код, используемый в стандарте – это систематический линейный блочный код, который задается проверочной матрицей **H**. Декодирование этого кода определено как итеративный процесс обработки логарифмических отношений правдоподобия принятых бит кодового слова.

Проверочная матрица LDPC кода в стандарте DVB-S2 состоит из массива квадратных перестановочных матриц фиксированного размера 360x360 элементов. В этих подматрицах каждая последующая строка является циклическим сдвигом предыдущей строки на один элемент. Индексы сдвига, которые определяют положения первого элемента в перестановочной подматрице, заданы в приложении к стандарту DVB-S2 [2]. Такая структура проверочной матрицы **H** является квазициклической, и поэтому возможно реализовать параллельное декодирование кодового слова. При таком декодировании блоки обработки проверочных выражений производят вычисления параллельно. Чтение и запись бит кодового слова в память будет ограничивать производительность декодирования при использовании единой блочной памяти. Таким образом, для увеличения производительности декодера необходимо хранить биты кодового слова в нескольких отдельных блоках памяти.

В работе представлен способ хранения бит кодового слова в параллельных блоках памяти ПЛИС, метод отображения матрицы **H** в адресное пространство. Также приведено описание проблемы конфликтов записи бит в параллельные блоки памяти из-за структуры проверочной матрицы и метод ее устранения.

Литература

1. **Варгаузин В.А.** Методы повышения энергетической и спектральной эффективности цифровой радиосвязи: учеб. пособие / В. А. Варгаузин, И. А. Цикин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 352 с.
2. European Telecommunication Standards Institute (ETSI), <http://www.dvb.org/documents/white-papers/wp06.DVB-S2.final.pdf>.

О.В. Смирнов, соиск.; рук. Е.А. Богатырев, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

СПОСОБ ОПИСАНИЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДУЛЯЦИИ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ

В последние годы наметился стойкий рост интереса к системам передачи данных (СПД) с использованием принципа модуляции обратного рассеяния. Это обусловлено повсеместным внедрением интернета вещей (IoT – от англ. Internet of Things) в повседневную жизнь. Одним из основных направлений развития IoT является снижение энергопотребления устройств, применяемых для передачи данных [1]. Наиболее известными СПД с низким энергопотреблением, использующими принцип модуляции обратного рассеяния, являются RFID системы (RFID – от англ. Radio Frequency Identification). Эти системы стали классикой среди СПД с пассивным ответом. Однако в последние годы в зарубежной литературе появляется всё больше статей, посвященных пассивным Wi-Fi сетям, что говорит о широких перспективах развития данного направления.

Принцип модуляции обратного рассеяния применяется для передачи данных от радиометки к считывателю и заключается в вариации импеданса нагрузки антенны радиометки, что приводит к изменению эффективной площади рассеяния (ЭПР) антенны, влияющей на фазу и амплитуду рассеиваемого антенной радиометки сигнала. Существуют различные способы, используемые для описания функционирования систем с модуляцией обратного рассеяния. Однако большая часть из них не позволяет установить связь между параметрами радиометок и модулированным колебанием в линии метка-считыватель. В настоящей работе автор представляет способ описания СПД с пассивным ответом, разработанный им впервые для временной области.

Предлагаемый способ описания позволяет установить связь параметров радиометки с формой сигнала произвольного вида модуляции, оценить влияние различных видов помех на сообщения в линии метка-считыватель. Он позволяет также провести анализ искажений отражаемого сигнала, которые возникают за счет инерционности цепи радиометки и особо сильно проявляются при высоких скоростях передачи данных, характерных для Wi-Fi систем. Предлагаемое описание учитывает изменение передаваемого сигнала как в линии метка-считыватель, так и в линии считыватель-метка.

Литература

1. **Stankovic J. A.** Research directions for the Internet of Things // IEEE Internet Things Journal. 2014. Т. 1. №. 1.

Секция 4
АНТЕННЫЕ УСТРОЙСТВА
И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

Руководитель секции: Михайлов Михаил Сергеевич
Секретарь секции: Малевич Елена Сергеевна

*Н.С. Максимов, студ.; О.А. Адоньев, асп.;
рук. Ю.Н. Бугаев, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПОЛОСНО-ПРОПУСКАЮЩЕГО СВЧ ФИЛЬТРА С ПЕРЕСТРОЙКОЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ

Современные системы беспроводной связи и телекоммуникаций поддерживают различные стандарты связи и используют множество полос частот в нижней части СВЧ-диапазона, для выделения которых применяются полосно-пропускающие фильтры (ППФ). Тенденции развития направлены на использование новых полос частот, что требует дальнейшего увеличения количества СВЧ-фильтров.

Количество необходимых фильтров может быть уменьшено при использовании ППФ с перестройкой центральной частоты, каждый из которых реализует функцию нескольких не перестраиваемых фильтров. Перестраиваемые СВЧ-фильтры - это ключевые элементы будущих систем связи с динамически перераспределяемым спектром.

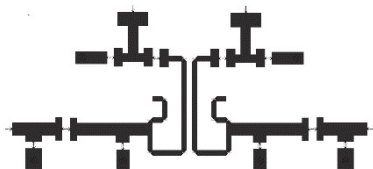


Рис.1 Модель фильтра.

На частотах порядка 2-3 ГГц наиболее технологически и экономически выгодным вариантом создания фильтра является использование микрополосковой технологии. Что касается перестраиваемых компонентов, на этих частотах целесообразно использовать электрически перестраиваемые элементы. В данном исследовании, после анализа коммутационного качества электрически перестраиваемых компонентов, для использования были выбраны варикапы.

Литература

1. Yu F.L., Zhang X.Y., Zhang Y.B. " Frequency-tunable bandpass filters with constant absolute bandwidth and improved linearity " Progress In Electromagnetics Research Letters, 2012, pp. 121-140.
2. Маттей Г.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т., Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи. – 1971. – Т.1

А.Д. Зонов, студ.; рук. М.С. Михайлов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**СИНТЕЗ КОНИЧЕСКИХ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ
РЕШЕТОК С ЗАДАНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

В работе рассматривается правило, по которому размещаются элементы в решетке. Суммарная диаграмма направленности антенной решетки находится путем оптимизации параметров заданного амплитудного распределения. Критерий оптимальности состоит в максимизации коэффициента усиления и минимизации уровня боковых лепестков антенной решетки.

Излучающие элементы конической фазированной антенной решетки [1] располагаются по образующим с постоянным угловым шагом образующих δ_φ и смещением нечетных колец на половину расстояния между элементами по кольцу. Линейный шаг элементов по направляющим зависит от номера кольца.

Диаграмма направленности многоэлементной конической фазированной антенной решетки вычисляется непосредственным суммированием [2] по формуле (1)

$$F(\theta, \varphi) = \sum_{n=1}^{N_r} \sum_{m=1}^{N_\varphi} a_{nm} f_{nm}(\theta, \varphi - \varphi_{nm}), \quad (1)$$

где a_{nm} и φ_{nm} – амплитудно-фазовое распределение элемента в решетке, коэффициент $f_{nm}(\theta, \varphi)$ является диаграммой направленности излучающего элемента.

Амплитудно-фазовое распределение элемента включает в себя амплитудное возбуждение элемента, а также множители спада по образующей конуса и по кольцу.

С учетом вышесказанного, целевой функцией является коэффициент усиления, на который накладывается ряд ограничений. Задав порог на максимальный уровень боковых лепестков, варьируются параметры амплитудного распределения таким образом, чтобы коэффициент усиления антенной решетки был максимальный.

В ходе моделирования данная цель была достигнута, получены диаграммы направленности антенной решетки с заданным уровнем боковых лепестков, коэффициент усиления максимальный.

Литература

1. **Aboul-Seoud A.K., Hafez A-D.S., Hamed A.M., Abd-El-Latif M.** A conformal conical phased array antenna for modern radars. IEEE Aerospace. 2014. P. 1-7.
2. **Watkins D.** Fun damatals of Matrix Computations. 2015.

*Е.Г. Воронов, М.А. Роцин студенты;
рук. М.С. Михайлов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ РРВ

В данной работе было проведено сравнение методов моделирования распространения радиоволн (РРВ) при различных условиях на основании статьи [1]. Моделирование РРВ данными методами было проведено в среде MATLAB.

Для начала, сравним двух лучевой метод (2Ray), метод моментов (МоМ) и метод параболического уравнения (SSPE). При моделировании методом 2Ray, поверхность Земли считалась плоской, однородной и идеально проводящей. Наиболее быстродействующим оказался двух лучевой метод при одинаковых параметрах моделирования. Это связано с простотой реализации метода. На втором месте метод SSPE, а следом идёт МоМ, что объясняется необходимостью увеличения количества сегментов, для достижения той же точности, что ведёт к увеличению матричных операции для расчётов токов, необходимых для получения суммарного поля. Стоит отметить, что метод моментов может учитывать рассеяние поверхностью. SSPE метод мало проигрывает в быстродействии двух лучевому, но он способен учитывать нерегулярности, потери при отражении от поверхности и неоднородности. Методы SSPE и 2Ray не уступают друг другу по точности, а метод моментов проигрывает обоим.

Далее сравнивались оставшиеся методы SSPE и четырёх лучевой метод (4Ray) с использованием [2]. В данном сравнении присутствовало препятствие клиновидной формы. Точность результатов моделирования до и после препятствия у обоих методов совпадает или отличается не значительно. Быстродействие различия незначительно.

Таким образом, наиболее оптимальным методом моделирования РРВ является метод параболического уравнения (SSPE). Данный факт объясняется высоким быстродействием и большей универсальностью в отличие от других методов.

Литература

1. **Apaydin G., Sevgi L.**, "Groundwave Propagation at Short Ranges and Accurate Source Modeling" IEEE Antennas and Propagation Magazine, 55, 28 August 2013, pp. 244-262.
2. **Пермяков В. А., Михайлов М. С., Малевич Е. С.** Расчет поля методом параболического уравнения в трехмерном пространстве с учетом препятствий / Известия высших учебных заведений. Физика, 2016, т. 59, №12-3 С. 144–148.

Е. Р. Мухина, студ; рук. А. А. Комаров, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**УГЛОВАЯ РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ
 ДВУХПОЗИЦИОННОЙ РЛС КОНТРОЛЯ
 МАЛОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ КОСМИЧЕСКОГО
 МУСОРА, НЕ РАЗРЕШАЕМЫХ ПО УГЛОВЫМ
 КООРДИНАТАМ**

В работе [1] представлена структура многопозиционной РЛС для контроля за малоразмерными объектами космического мусора (КМ). Как показано в [1] передающая часть радиолокационной системы (РЛС) осуществляет радиоподсветку КМ, а приёмная часть принимает отраженный сигнал и обрабатывает его.

Рассмотрим ситуацию, когда объекты КМ движутся по одной орбите с одинаковыми скоростями (рис.1) и находятся в главном луче диаграммы направленности как передающей, так и приёмной антенн. В этом варианте в стандартном подходе объекты КМ не разрешаются по угловым координатам.

Для преодоления данной трудности поставим условие разрешения таких объектов по времени задержки отражённых сигналов (см. рис.1)

$$|(R_1 + R_2) - (R'_1 + R'_2)| = c\tau_0,$$

где $\tau_0 = 1/\Delta f$ – длительность сигнала на выходе согласованного фильтра приёмной части (Δf – ширина спектра зондирующего сигнала).

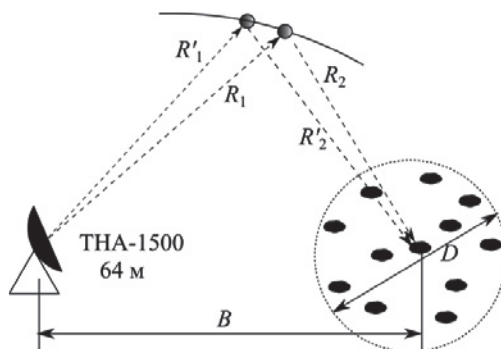


Рис. 1. Угловое разрешение объектов по временной задержки эхо-сигналов

Литература

- Baskakov A. I., Grachyov V. G., Gusevsky V. I. and Komarov A. A.** Problem of detecting space debris objects using multi-position radar system // 2017 Progress in Electromagnetics Research Symposium – Fall (PIERS – FALL), Singapore, 2017, pp. 1069 – 1073.

В.Н. Корольков студ.; рук. А.А. Комаров, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНИЙ РАДИОСВЯЗИ ВЧ
(ДЕКАМЕТРОВОГО) ДИАПАЗОНА

В ионосфере, т.е. на высотах более 50-60 км, кроме нейтральных частиц присутствуют свободные заряженные частицы – электроны, а также положительные и отрицательные ионы. Число электронов, содержащихся в единице объема воздуха, называется электронной плотностью или концентрацией электронов и обозначается N_e , а плотности положительных и отрицательных ионов обозначаются соответственно $N_{и+}$ и $N_{и-}$. Количество положительно и отрицательно заряженных частиц одинаково, так что в целом ионосфера представляет собой плазму, которая в пределах макрообъемов электрически нейтральна [1].

При распространении радиоволн декаметрового диапазона необходимо учитывать влияние ионосферы. Цель данной работы - провести исследование физических закономерностей при распространении радиоволн ВЧ (декаметрового) диапазона, а также создание программного обеспечения, которое будет проводить расчет на данных трассах.

Была разработана компьютерная программа для моделирования распространения радиоволн в ионосфере. В качестве модели ионосферы использовалась полная эмпирическая модель ионосферы *IRI2016* (International Reference Ionosphere – *IRI2016*) [2].

Новизна данной программы определяется возможностью строить модель радиотрассы в режиме реального времени, а также делать долгосрочные прогнозы.

Также была проведена проверка данной модели на погрешности относительно реальных данных, получаемых от ионозондов, которая показала, что отклонения незначительны.

Литература

1. Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. - 1960
2. Международная справочная модель ионосферы [электронный ресурс]; режим доступа URL: <http://irimodel.org/IRI-2016/>

Р.О. Ткаченко, студ.; рук. Е.С. Малевич, асс. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА МИКРОПОЛОСКОВОЙ АНТЕННЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРИЕМА СПУТНИКОВЫХ И НАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ В РАМКАХ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСНОЙ СРЕДЫ

Современные радиотехнические системы, используемые в устройствах радиосвязи, радиолокации, радиоастрономии нуждаются в новых принципах создания радиотехнических устройств и антенн, уменьшения их массогабаритных размеров одновременно с обеспечением требуемой широкополосности, а также управления диаграммой направленности. Достижение каждого из этих параметров представляется сложной задачей без использования новых материалов и их физических свойств.

В настоящее время прогресс требует использования новых материалов или метаматериалов – с искусственно созданной периодической структурой, которая не встречается в природе и обладает особыми электродинамическими свойствами. Материалы могут быть не только с положительной диэлектрической и магнитной проницаемостью, но и с отрицательной, и в таких средах волны быстро затухают по экспоненте. Уникальные физические свойства метаматериалов позволяют получить высокоимпедансную поверхность, представляющую собой множество ячеек, каждая из которых является эквивалентом высокочастотного резонансного контура, где импеданс больше чем импеданс свободного пространства. Еще одной особенностью является то, что в этом случаях поверхностный ток не затекает на обратную сторону, поэтому не возникает излучения в сторону обратную основному.

Работа посвящена разработке микрополосковой антенны с использованием метаматериалов для приема спутниковых и навигационных сигналов для работы в системе определения параметров лесной среды: диэлектрической проницаемости и проводимости [1]. Из-за интерференции внутри лесной среды возникает проблема возможности приема сигнала только в основном направлении, поэтому использование антенн с уменьшенным обратным лепестком диаграммы направленности – один из методов решения данной проблемы.

Литература

1. Малевич Е.С., Михайлов М.С., Кожевников К.Ю., Волкова А.А. Экспериментальное исследование распространения радиоволн в лесной растительности в X-диапазоне частот // Сборник докладов VI Всероссийской микроволновой конференции, 2018, Москва ИРЭ РАН, 28 ноября — 30 ноября, с. 237–241.

*Д.В. Сучков, студ.; рук. А.А. Комаров, к.т.н., доц.
(«НИУ МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА МИКРОПОЛОСКОВОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ ПРИЕМА СИГНАЛОВ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Спутниковая навигация является динамично развивающейся областью науки и техники. О ее перспективах и реальных, а также возможных применениях в различных областях народного хозяйства прекрасно известно.

Система спутниковой навигации включает в себя большое число наземных и космических сегментов. Под космическим сегментом обычно понимают совокупность искусственных спутников Земли, которые вращаются вокруг нее на низкоорбитальных орбитах. Эти спутники являются источниками навигационных сигналов, которые принимаются спутниковыми навигаторами (СН) и используются далее для вычисления координат точки, в которой он расположен. Определение координат принято называть навигационной задачей.

К антеннам СН предъявляются определённые требования по характеристикам: работа на нескольких частотах, приём и излучение волн круговой поляризации, равномерность диаграммы направленности в верхней полусфере, небольшие размеры. Такие требования сильно ограничивают типы используемых антенн. Одно из самых популярных в настоящее время решений – микрополосковая антенна (МПА).

В данной работе рассмотрены вопросы проектирования МПА для приема сигналов спутниковых навигационных систем. Рассмотрена приближённая электродинамическая модель МПА и её численное моделирование с помощью надёжных систем автоматизированного проектирования СВЧ-структур.

Литература

1. **Банков С.Е.** Антенны спутниковых навигаторов. – М.: Издательство «Перо», 2014.

Е.Ю. Гаврилов, студ.; рук-ли доц. к.т.н. А.А. Комаров. (НИУ «МЭИ»), инженер 2-й кат. Шаповалов М.М.

РАЗРАБОТКА ВТОРИЧНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СНИЖЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА АФАР ПРИ НЕОБСЛУЖИВАЕМОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Активные фазированные антенные решётки (АФАР) в последние годы становятся все более актуальными. Востребованность АФАР в современных радиотехнических системах (РТС) постоянно возрастает. Главными особенностями АФАР являются [1]:

- 1) возможность электронного сканирования главным лучом диаграммы направленности (ДН) АФАР;
- 2) адаптивное изменение ДН АФАР в условиях сложной помеховой обстановки.

В качестве управляемых элементов применяют фазовращатели, а также возможно использование нелинейных сред, у которых изменяются физические параметры, при воздействии на них электромагнитных полей. Исходя из этого мы можем выполнять задачи по слежению, обнаружению, захвату и сопровождению целей.

В докладе рассматривается разработанное устройство для вторичного электропитания модуля (ВИП) [2] АФАР и снижение потенциала АФАР при необслуживаемой эксплуатации. Требуемый ВИП осуществляет питание активных модулей АФАР для функционирования антенной решетки. ВИП реализован в соответствии с требованиями по выходному напряжению $12 \pm 1,2$ В и имеет низкие выходные пульсации по напряжению (30 мВ от пика до пика). Напряжение входной сети составляет $48 \pm 4,8$ В.

Был произведен расчет параметров надежности разработанного ВИП [3] и АФАР включающей в себя 64 данных ВИП. Так же был произведен расчет параметров надежности снижения потенциала АФАР при необслуживаемой эксплуатации.

Литература

1. **Инденом М.В.** Антенные решетки подвижных обзорных РЛС -М.: Радиотехника, 2015.
2. **Браун М.** Источники питания - Киев: издательство МК-Пресс, 2005.
3. **Кузнецов В.А.** Измерения в электронике - Москва: издательство Энергоатомиздат, 1987.

А.А. Гладков, студ.; рук-ль А.А. Комаров, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТРОПОСФЕРЫ И ИОНОСФЕРЫ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

В связи с большим числом радиоэлектронных устройств, работающих с космическими аппаратами в целях исследования Земли, других космических объектов, а также в целях обеспечения связи и навигации, безопасности, предсказания и предотвращения чрезвычайных ситуаций становится актуальным вопрос об изучении различных эффектов, возникающих в атмосфере и оказывающих влияние на распространение радиоволн.

В работе основное внимание сосредоточено на изучении таких эффектов, как тропосферная рефракция, турбулентность и затухание. При этом тропосфера рассматривается как случайно-неоднородная среда [1]. Необходимо подчеркнуть, что эти явления оказывают воздействие не только на энергетические характеристики используемых радиоэлектронных средств, но и на траекторию распространения соответствующего сигнала.

Также нужно отметить, что вышеупомянутые эффекты проявляются разным образом при использовании разных частотных диапазонов, что немаловажно и требует учета при проектировании средств связи [2].

При детальном изучении и выработке соответствующих выводов при решении этой задачи, эти результаты можно использовать при моделировании и построении будущих систем связи по линиям Земля-космос и космос-Земля.

Литература

1. **Исимару А.** Распространение и рассеяние волн в случайно неоднородных средах. – М.: Мир, 1981.
2. **Сектор радиосвязи Международного союза электросвязи.** Рекомендация МСЭ-R Р.834-9 “Влияние тропосферной рефракции на распространение радиоволн” – МСЭ-R, 2017.

*В.П. Васильев, М.С. Пастухова, студенты;
рук. М.С. Михайлов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

МОДЕРНИЗАЦИЯ СТУДЕНЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ: «ВОЛНОВОДНО-ЩЕЛЕВЫЕ АНТЕННЫЕ РЕШЕТКИ»

Целью лабораторной работы является изучение основных свойств линейных волноводно-щелевых решеток: выяснение влияния формы амплитудного распределения и распределения фазы возбуждения на основные параметры антенны, например, параметры главного лепестка (ширина и направление) диаграммы направленности (ДН), выявление условий возникновения в ДН побочных максимумов.

Возбуждение одиночной щели происходит тогда, когда ее пересекают электрические токи, текущие по внутренним поверхностям стенок волновода [1]. В других случаях для возбуждения щелей в волноводе используют специальные реактивные элементы. Например, для возбуждения продольной полуволновой щели, расположенной точно по средней линии широкой стенки, устанавливают рядом с ее центром емкостный штырь с регулируемой глубиной погружения. Поле волны H_{10} наводит в штыре электрический ток. Этот ток продолжается и на широкой стенке волновода, растекаясь радиально вокруг штыря. Часть токов пересекает щель и возбуждает ее.

Антенная решетка в этом случае работает в передающем режиме и возбуждается волноводной секцией. Реактивные возбуждающие штыри запрессованы в диэлектрические винты [2]. В рамках данной работы была промоделирована такая волноводно-щелевая антенная решетка в программе автоматизированного электродинамического проектирования с целью оптимизации возбуждающих штырей с последующим их изготовлением [3].

Так же в рамках исследований была смоделирована и изучена волноводно-щелевая решетка, на узкой стенке волновода которой расположены наклонные щели. Варьируя частоту излучения, можно добиться изменения направления главного лепестка.

Литература

1. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ: Учеб. для радиотехнич. спец. вузов.- М.: Высш. шк., 1988.
2. ЭУМК Устройства СВЧ и антенны. Лабораторная работа №2.
3. Банков С.Е., Гутцайт Э.М., Курушин А.А. Решение оптических и СВЧ задач с помощью HFSS – М.: ООО «Оркада», 2012.

А.А. Волкова, студ.; рук. Е.С. Малевич, асс. (НИУ «МЭИ»)

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН В ЛЕСНОМ МАССИВЕ, СМОДЕЛИРОВАННОМ С ПОМОЩЬЮ КОНСТРУКТОРА ОТДЕЛЬНЫХ ДЕРЕВЬЕВ

Задача распространения радиоволн в условиях лесного массива востребована в настоящее время, особенно при возросшем практическом применении сотовой связи, радиозондировании земли и радионавигации. Также эта тема является актуальной для некоторых экологических задач.

Лес представляет собой сложную неоднородную диэлектрическую среду со случайно расположенными и ориентированными структурными элементами: стволы, ветви и листва (хвоинки).

Одной из существующих моделей представления леса является статистическая модель. В ней элементы растительности представляются случайно распределенными и ориентированными элементарными рассеивателями.

В данной работе представлен конструктор леса, а также расчет электромагнитного поля в нем методом параболического уравнения. В силу математического аппарата самого метода необходимо задавать начальное распределение поля. Поэтому первым этапом программа рассчитывает начальное поле с помощью геометрической оптики. Далее используется пошаговое преобразования Фурье для непосредственного решения параболического уравнения [1]. На каждом шаге вычисляется показатель преломления для всех точек поперечного среза. Для этого необходимо знать, какие объекты располагаются в пространстве. В конструкторе стволы деревьев представлены цилиндрами, а кроны эллипсоидами вращения. Происходит определение принадлежности каждой точки пространства к стволу или кроне. Зоны, принадлежащие деревьям, расположенным на текущем срезе, суммируются для определения общих зон, занимаемых листвой крон и стволами. Этим зонам задаются определенные значения показателя преломления.

Предлагаемый конструктор позволит оперативно прогнозировать картину распространения радиоволн в лесной среде, как для конкретной местности, так и для произвольного леса, используя статистические законы распределения параметров деревьев.

Литература

1. **Пермяков В.А., Михайлов М.С., Малевич Е.С.** Моделирование распространения радиоволн в лесных массивах / Сборник докладов V Всероссийской микроволновой конференции, 2017, Москва ИРЭ РАН, 29 ноября — 1 декабря, с. 100–103.

А.И. Калинина, студ.; рук. М.С. Михайлов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

МІМО – МЕТОД ПРОСТРАНСТВЕННОГО КОДИРОВАНИЯ СИГНАЛА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУЛЬСА И ЧАСТОТЫ ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ WI-FI

В настоящее время Wi-Fi все больше внедряется в нашу жизнь, Wi-Fi роутеры все чаще появляются в общественных местах и госучреждениях. В данный момент радиолокация с использованием Wi-Fi роутеров, Wi-Fi точек беспроводных сетей может определить содержимое комнаты. Задачей данной работы является определение параметров живого объекта (человека) с помощью Wi-Fi, а именно его пульса и частоты дыхания.

К примеру, в статье «Smart Homesthat Monitor Breathingand Heart Rate» [1] используют сигнал ЛЧМ (сигнал с линейной частотой модуляции), с помощью которого определяют пульс и частоту дыхание людей в помещении. Главная проблема, из-за которой этот метод и устройство из статьи не получается использовать с устройствами для распространения сигнала Wi-Fi – это разные модуляции сигналов. Схема «FMCW Transceivers», о которой говорится в статье, может включать в себя несколько пар приемных и передающих антенн, чтобы увеличить область работы, точность данных и скорость передачи. Такой метод увеличения пар приёмных и передающих антенн называется МІМО.

Технология МІМО заключается в одновременной многоканальной передаче данных. В ней используется 2 и более пары приемных и передающих антенн, независимых между собой, за счет чего достигается лучшая передача данных и увеличение ее скорость. Другими словами, МІМО — это передача одновременно нескольких потоков информации по одному каналу с прохождением через несколько антенн, после чего информация попадает в независимое приемное устройство. Технология МІМО уже используется в беспроводной связи Wi-Fi, WiMAX, LTE, 4G LTE, 5G. В них, как правило, используют стандарт МІМО 2x2 – две пары приемных и передающих антенн. Эта технология помогает увеличить скорость передачи информации, а также качество передачи.

Литература

1. **Adib F., Mao H., Kabelac Z., Katabi D., Miller R. C.** Smart Homesthat Monitor Breathingand Heart Rate // 15 материалы 33-й ежегодной конференции ACM по человеческим факторам в вычислительных системах, С. 837–846.
2. **Марков Г.Т., Сазонов Д.М.** «Антенны» 1975. – 528 с.

М. А. Дубовицкий, асп.;
рук. В. И. Гусевский, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ О ПОЛОЖЕНИИ ЧАСТИЧНОГО ФАЗОВОГО ЦЕНТРА НА ПРИМЕРЕ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ

Зеркальные антенны СВЧ-диапазонов широко применяются в радиосистемах различного назначения и, в частности, в составе радиолокационных навигационных и фазометрических систем. В связи с этим актуальной является задача управления пространственным положением фазового центра (ФЦ) или его стабилизация в угловых секторах заданной величины. Изменение положения ФЦ индивидуальных антенн при проектировании антенной решетки по определенному закону позволяет достичь меньшие энергетические потери.

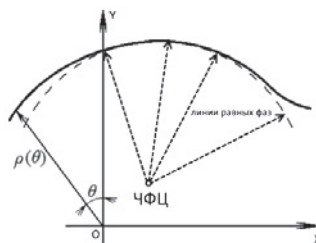


Рис. 1. Схематическое представление понятия частичного фазового центра

В теоретическом плане изложенный подход опирается на методе [1], доказывающем, что положение ФЦ зеркальной антенны совпадает с положением центра тяжести амплитудного распределения поля в раскрыве (рис. 1). Проектируя облучатели зеркальных параболических антенн важно иметь информацию о реальных координатах их ФЦ или центра излучения [2] и проанализировать фазовую диаграмму направленности [3]. В этом случае следует говорить о частичном фазовом центре (ЧФЗ), т.е. центре кривизны поверхности равных фаз в заданной направлении.

Получены экспериментальные зависимости, позволяющие определять центр кривизны равных фаз, на основе измерения амплитудной и фазовой диаграммы направленности зеркальной антенны с различным смещением облучателя, при которых фазовое распределение остается квазипостоянным в пределах ширины главного лепестка диаграммы.

Литература

1. **Гусевский В.И.** Фазовая характеристика и фазовый центр линейных и плоских антенных решеток. - Радиотехника и электроника, 1991, т. 36, № 3, с. 433-441.
2. **Вольперт А.Р.** О фазовом центре антенны – Москва: Радиотехника. – 1961. – т. 16. – №3. – С. 3.
3. **Хабиров Д.О., Удров М.А.** Методика определения координат центра излучения антенны и практические аспекты ее применения. Электродинамика, микроволновая техника, антенны, 2015, С. 30-33

*Е.С. Малевич, асп.; рук-ли В.А. Пермяков, д.ф.-м.н., проф.;
М.С. Михайлов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН В ЛЕСНОЙ СРЕДЕ

Актуальность проблемы распространения радиоволны над поверхностью земли связана с широким использованием различных радиотехнических комплексов и работой приемных устройств спутниковых и навигационных систем, локационных станций, дистанционным зондированием земной поверхности. Наибольший интерес в настоящее время представляют исследования влияния леса на распространение радиоволн метрового и сантиметрового диапазона. За последние десятилетия проведено много экспериментальных исследований в различных диапазонах частот [1].

Лес может быть представлен в виде электродинамических или статистических моделей. Возможны также комбинированные и эмпирические модели распространения радиоволн в лесу.

В докладе представлены результаты эксперимента по распространению радиоволн в лесу на частоте 10 ГГц на полигоне ОКБ «МЭИ». Целью работы была оценка приемлемости мест базирования антенн ТНА-12М в предполагаемых местах их непосредственного расположения. А также разработка рекомендаций по повышению эффективности работы антенн с учетом влияния растительности и фактического ландшафта.

В докладе сравниваются экспериментальные измерения затухания в лесной среде с результатами, полученными путем расчета электромагнитного поля в многослойной модели лесной среды с использованием метода параболического уравнения [2, 3]. Предлагается методика определения эффективной диэлектрической проницаемости леса для многослойной электродинамической модели с использованием метода параболического уравнения, а также производится оценка необходимости вырубki леса для улучшения эффективности работы антенной системы на основе данных о распределении поля в пространстве с учетом влияния лесной растительности.

Литература

1. Хаптанов В.Б., Башкуев Ю.Б., Дембелов М.Г. Определение плотности лесной среды с использованием радара «Око-2» // Сибирский журнал науки и технологий. 2013. №5 (51).
2. Mikhailov M.S., Malevich E.S., Permyakov V.A. Modeling of Radio-wave Propagation in Forest by the Method of Parabolic Equation // International Journal of Engineering & Technology, 7 (2.23), 2018, pp.111–113.
3. Малевич Е.С., Михайлов М.С., Кожевников К.Ю., Волкова А.А. Экспериментальное исследование распространения радиоволн в лесной растительности в X-диапазоне частот // Сборник докладов VI Всероссийской микроволновой конференции, 2018, Москва ИРЭ РАН, 28 ноября — 30 ноября, с. 237–241.

Д.И. Гришаева, студ.; рук. М.С. Михайлов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ИЗУЧЕНИЕ ОТРАЖЕНИЯ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ ОТ
 ПОДСТИЛАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

В данный момент для расчета полей антенн над однородной плоской земной поверхностью широко применяется метод геометрической оптики [1]. Однако за пределами плоской площадки, примыкающей к фазированной антенной решетке, могут располагаться естественные препятствия (холмистая, гористая местность, кустарники). Поэтому возникает необходимость разработки более сложной модели земной поверхности, учитывающей нерегулярность земной поверхности и наличие лесных массивов.

Была поставлена задача автоматизированного составления и использования электронных карт местности, с помощью которых можно получать информацию о высоте, в виде массива точек и по ним строить поверхность. В дальнейшем полученная информация использовалась для расчета модуля напряженности с учетом неровностей подстилающей поверхности.

Предлагается сравнить теоретическую модель отражения сложных сигналов от подстилающей поверхности с экспериментальными данными.

Рассматривается неровная поверхность, которая разбивается на элементы и смотрится отражение от нее плоской волны. Далее части суммируются и решаются методом параболического уравнения [2, 3].

$$u(z + \Delta z, x) = \Phi^{-1} \left\{ \exp(-ik_0 (M - 1) \Delta z) \times \Phi[u(z, x)] \right\} \cdot \exp(-ik_0 (n - 1) \Delta z)$$

Использование именно элементов неровной поверхности значительно упрощает анализ процессов распространения радиоволн, а также расчет интенсивности поля рассеяния на различных подстилающих поверхностях в рамках единой модели рассеяния.

В данной работе было рассмотрено решение вопроса единой модели рассеяния на различных подстилающих поверхностях. При выборе такой модели учитываются параметры реальной подстилающей поверхности, такие как форма, структура и радиофизические характеристики.

Литература

1. **Баскаков А.И., Жутяева Т.С., Лукашенко Ю.И.** Локационные методы исследования объектов и сред / Москва Издательский центр «Академия», 2011.
2. **Михайлов М.С., Пермяков В.А., Сазонов Д.М.** Расчет энергетических характеристик активной фазированной антенной решетки над нерегулярной земной поверхностью методом параболического уравнения (трехмерная модель) // Журнал Радиоэлектроники, 2014, № 12 С. 5.
3. **Пермяков В.А., Михайлов М.С., Малевич Е.С.** Расчет поля методом параболического уравнения в трехмерном пространстве с учетом препятствий / Известия высших учебных заведений. Физика, 2016, т. 59, № 12-3 С. 144–148.

А.Ю. Сорокин, студ.; рук. А.А. Комаров, доц. (НИУ «МЭИ»)

ИОНОЗОНД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИОНОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

Исторически практическая значимость ионосферных исследований определялась необходимостью обеспечения надежности радиосвязи. Радиосигналы, которые распространяются в ионосфере Земли, подвержены постоянным пространственно-временным вариациям, и принимаются на фоне комплекса изменяющихся помех. Игнорирование или слабый учет изменчивости во времени и пространстве характеристик ионосферы существенно снижает информационно-технические параметры радиотехнических систем (РТС) (помехоустойчивость, скрытность, мощность излучения и др.). Условия радиосвязи определяют 3 фактора – высота слоя, концентрация свободных электронов и степень поглощения. На сегодняшний день радиозондирование по-прежнему является ведущим методом в системе контроля состояния ионосферы и практически всего околоземного пространства. Средства вертикального радиозондирования (ВЗ) ионосферы дают наиболее полную и легко интерпретируемую информацию о состоянии ниже максимума электронной концентрации ионосферы.

Развитие методов дистанционного радиозондирования ионосферы Земли претерпевает в настоящее время революцию, связанную с переходом на ВЧ–радиосистемы с полностью цифровой обработкой как излучаемого, так и принимаемого сигнала [1], что до последнего времени было технически неосуществимо. Полностью цифровая обработка сигналов облегчает применение прецизионных принципов ионосферных измерений.

В работе рассматривается применение методов дистанционного радиозондирования ионосферы на основе мировых технологических достижений последних лет и наиболее передовых методов анализа данных.

Литература

1. **Иванов Д.В., Иванов В.А., Елсуков А.А., Рябова Н.В.** Особенности применения FMICW сигнала для задачи вертикального ионосферного зондирования // XII Всероссийская конференция «Радиолокация и радиосвязь», Москва, ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, 26-28 ноября 2018 г., сборник трудов, с. 201-205.

Секция 5

РАДИОЛОКАЦИЯ И ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Руководитель секции: Комаров Алексей Александрович

Секретарь секции: Рубан Анна Викторовна

А.В. Рубан, асп.; рук. А.И. Баскаков, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ОЦЕНКА СРЕДНЕГО ВРЕМЕНИ ПРЕБЫВАНИЯ ОБЪЕКТОВ
КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА В ЛУЧЕ АНТЕННЫ И
ДОПЛЕРОВСКОГО СДВИГА ЧАСТОТЫ ПРИНИМАЕМОГО
СИГНАЛА МНОГОПОЗИЦИОННОЙ
РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

Неработающие космические аппараты и их останки, известные как космический мусор (КМ), расположены на малых высотах до 2000 км, на орбитах от 19000 до 22000 км, а также в геостационарном кольце выше 32000 км. Вследствие огромного запаса кинетической энергии столкновение любого из объектов КМ с действующим космическим аппаратом может повредить таковой или даже вывести из строя.

В [1] рассмотрена многопозиционная радиолокационная система для оперативного отслеживания малоразмерного КМ. Для решения проблемы были выбраны режим излучения и тип модуляции зондирующего сигнала, а также требуемые разрешающие способности по дальности и скорости.

Для расчета характеристик КМ в ряде случаев требуется их спрогнозировать, т. е. смоделировать движение КМ по орбите. Численные модели используются для достижения максимальной точности прогнозирования. Они основаны на численном интегрировании дифференциальных уравнений движения космических объектов с достаточно малым шагом по времени.

Для захвата объектов КМ на этапе обнаружения и последующего определения их координат и параметров движения необходимо обеспечить соответствующее время накопления эхо-сигналов радиолокатора. Также нужно учесть возможность появления доплеровского сдвига в сигналах, отраженных от космического мусора, который приводит к временному сдвигу отклика на выходе оптимального приемника, согласованного с зондирующим сигналом.

В работе произведено моделирование движения некоторых объектов КМ на различных орбитах, приведены оценки доплеровского сдвига частоты и сравнение времени пребывания объекта КМ в луче антенны с временем накопления сигнала многоантенного комплекса, необходимого для решения задачи уточнения орбиты КМ.

Литература

1. **A. I. Baskakov, V. G. Grachyov, V. I. Gusevsky and A. A. Komarov**, "Problem of detecting space debris objects using multi-position radar system," 2017 Progress in Electromagnetics Research Symposium - Fall (PIERS - FALL), Singapore, 2017, pp. 1069-1073.

А.А. Сидоров, студ.; рук. А.И. Баскаков, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВЫСОКОСТАБИЛЬНОГО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗАДАЮЩЕГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ БОРТОВОЙ РЛС.

Комплекс устройств, создающий высокостабильные по частоте колебания, которые затем преобразуются по частоте или усиливаются в следующих каскадах, называется задающим генератором. Высокостабильный задающий генератор является одним из важнейших узлов в бортовой радиолокационной станции [1], установленной на самолёте МиГ-31БМ, он необходим для обеспечения работоспособности радиолокационной станции в X-диапазоне.

Высокостабильный многофункциональный задающий генератор состоит из опорного генератора, синтезатора частот, модулятора, формирователя опорных частот, блока управления и вторичного источника питания. Каждый из данных блоков играет важную роль в обеспечении работоспособности задающего генератора. Так, блок опорного генератора обладает высокой стабильностью частоты, цифровой синтезатор частот позволяет получить малые погрешности при установке параметров, а так же обладает широкими возможностями по модуляции [2]. Блоки модулятора и формирователя опорной частоты позволяют получить колебания с требуемыми законами модуляции, а блок управления необходим для осуществления управления всем устройством.

По результатам работы был разработан высокостабильный многофункциональный задающий генератор, который удовлетворяет необходимым требованиям и позволяет получить сигналы в требуемом диапазоне частот с заданной модуляцией. Был проведён ряд экспериментов, доказывающий, что устройство функционирует верно и выполняет все необходимые функции в соответствии с требованиями технического задания.

Литература

1. **Дудник П.И., Ильчук А.Р., Татарский Б.Г.** Многофункциональные радиолокационные системы. М.: Дрофа, 2003.
2. **Белов Л.А.** Синтезаторы частот и сигналов: Учебное пособие. М.: САЙНС-ПРЕСС, 2002.

А. Ф. Мурзабулатова, студ.; рук. Р. Н. Ипанов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СИНТЕЗ И АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХФАЗНЫХ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ ДАЛЬНЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ

В радиолокации важными задачами являются верное обнаружение и высокое разрешение целей. Боковые лепестки автокорреляционной функции (АКФ) при этом являются помехами, которые повышают порог обнаружения, а за ними могут быть скрыты другие цели (с малой ЭПР).

Для частичного избавления от боковых лепестков АКФ предлагается использовать трехфазные когерентные дополнительные сигналы - это последовательность трех когерентных фазокодоманипулированных импульсов, каждый из которых кодирован одной из троек дополнительных последовательностей. Дополнительными называются последовательности, у которых основные пики АКФ совпадают, а боковые в сумме дают ноль [1].

Дополнительные последовательности можно построить по рекуррентному правилу [2].

АКФ трехфазных КДС имеет вид, как на рис. 1 (скважность $Q = 3$, $N = 3^3$, $T_0 = 1$ мкс – длительность дискрета). Нулевая окрестность вблизи пика АКФ возможна при полном согласовании фильтра с эхо-сигналом по частоте. Чем больше скважность, тем шире нулевые области в АКФ.

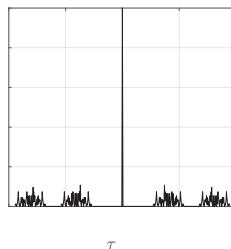


Рис. 1. Модуль АКФ комплексной огибающей КДС.

КДС имеют большую базу (коэффициент сжатия), нулевую зону автокорреляции, благодаря этому можно снизить порог обнаружения радиолокационных целей до уровня шумов; также КДС позволяют повысить скрытность излучения РЛС.

В докладе представлена реализация алгоритма формирования трехфазных сигналов. Составлена математическая модель системы, использующей данные сигналы.

Литература

1. **Ипанов Р. Н.** Когерентные дополнительные сигналы и их применение в радиолокации // Журнал радиоэлектроники, 2015. - №2.
2. **Ипанов Р. Н.** Полифазные когерентные дополнительные сигналы // Журнал радиоэлектроники, 2017. - №1.

*П.А. Лебедев, студент; Рук-ли Ю.П. Волошин (ОАО ВНИИРТ),
Р. Н. Ипанов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОБЗОРНОЙ РЛС

Разрешающая способность РЛС является важной характеристикой качества получаемой радиолокационной информации. Разрешение заключается в обнаружении и измерении параметров цели в присутствии других целей и отражающих объектов. Мерой разрешающей способности является минимальная величина разности измеряемого параметра при одинаковых значениях остальных параметров двух близко расположенных и эквивалентных по характеристикам целей, при которой цели наблюдаются раздельно. Известно [1, 2], что потенциальная разрешающая способность РЛС определяется свойствами взаимной корреляционной функции излучаемого и принимаемого пространственно-временного сигнала.

На практике важно оценить обеспечение требуемой разрешающей способности РЛС во всей области зоны обзора РЛС, так как на получаемую разрешающую способность целей влияют качество формирования, излучения, приёма и обработки сигналов, методы измерения координат, кинематика обзора пространства РЛС. Оценка разрешающей способности целей выполняется путём анализа получаемой радиолокационной информации при наблюдении раздельно движущихся воздушных объектов в зоне обзора РЛС. Проведение натурного эксперимента для оценки разрешающей способности сопряжено со значительными материальными и временными затратами. Поэтому рассматривается проведение экспериментов по оценке разрешающей способности целей методом полунатурного моделирования.

В докладе рассматривается описание методов для оценки разрешающей способности целей по дальности и по угловым координатам, приводятся схемы экспериментов, указываются особенности формирования сигналов. Особое внимание уделяется подготовке данных к оценке разрешающей способности координат целей.

Литература

1. **Ширман Я.Д.** Теоретические основы радиолокации. М.: Советское радио, 1970.
2. **М. А. Richards.** Principles of Modern Radar Vol. I: Basic Principles, 2010 by SciTech Publishing.

Е. В. Ильина, студ.; рук. А. И. Баскаков, д. т.н.; проф. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ
МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ В РЕЖИМЕ
СИНТЕЗИРОВАНИЯ АПЕРТУРЫ**

В работе рассматривается влияние отражательной способности морской поверхности на работу радиолокационной станции (РЛС) с синтезированием апертуры. Обратное рассеяние излучаемого сигнала от поверхности моря часто ставит серьезные ограничения перед действующими РЛС в плане распознавания отражённых сигналов от кораблей, воздушных судов, ракет и других целей, которые также находятся внутри элементов разрешения РЛС, как и морская поверхность [1].

При эскизном проектировании РЛС основные параметры - частота, размер элемента разрешения, поляризация, угол скольжения облучения - рассчитываются стандартным образом по данным тактико-технического задания на РЛС. Основные трудности возникают при оценке влияния окружающей среды на работу РЛС.

Не всегда бывает ясно, какие параметры окружающей среды являются важными. Например, скорость ветра оказывает влияние на уровень помеховых отражений от морской поверхности. И хотя волнение поверхности моря оказывает сильное влияние, всё же это субъективный показатель, и его связь с действующими местными ветрами часто бывает неопределенной [2].

Также известно, что температура воздуха и поверхности моря может повлиять на способ, который используется для измерения скорости вызывающего волнение ветра, связанного с определенным уровнем отражений от морской поверхности. РЛС с синтезированием апертуры позволяет повысить разрешающую способность радиолокатора и улучшить детальность изображения поверхности, независимо от метеорологических условий.

В данной работе рассматривается алгоритм построения модели РЛС с синтезированной апертурой. Алгоритм реализован в программной среде MATLAB.

Литература

1. **Скольник М. И.** Справочник по радиолокации. М.: Техносфера, 2014.
2. **Крылов Ю. М.** Спектральные методы исследования и расчета ветровых волн. Л.: Гидрометеиздат, 1966.

А.А. Михайлов, студ.; рук. Р.Н. Ипанов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

БОРТОВАЯ РАДИОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПА НЕПОДГОТОВЛЕННОЙ ПОСАДОЧНОЙ ПЛОЩАДКИ

Посадка на неподготовленную площадку — один из самых сложных элементов пилотирования вертолета, она сопряжена с повышенным риском аварии и человеческих жертв [1]. Одной из ключевых проблем при посадке на неподготовленные площадки являются условия недостаточной видимости. Также на этапе подлета к зоне посадки возникает необходимость точного определения типа, рельефа и характеристик подстилающей поверхности [2].

Целями работы являются: анализ зависимости температуры почвы от различных параметров, разработка системы безопасной посадки вертолета на неподготовленную площадку.

Основными задачами, рассмотренными в докладе, являются: анализ существующий систем безопасной посадки вертолета, исследование температуры почвы при различных свойствах земной поверхности, анализ применения радиометров для определения электрофизических свойств неподготовленной посадочной площадки

Разработка бортовой радиометрической системы определения типа неподготовленной посадочной площадки была проведена в математическом пакете MATLAB [3].

В докладе представлены результаты распределения радиояркостной температуры различных земных поверхностей, также сделаны выводы о возможности совершення посадки.

Предложенная в докладе система определения типа неподготовленной посадочной полосы является перспективной, так как в настоящее время отсутствует система безопасной посадки, которая будет продолжать работать в условиях недостаточной видимости.

Литература

1. **Баскаков А.И.** «Локационные методы исследования объектов и сред: учебник для вузов по специальности 210301 «Радиофизика» // - М. : АКАДЕМИЯ, 2011. – 384 с.
2. **Башаринов А.Е.** «Радиолокация и радиолокационные системы и устройства» 1985г.- 42с.
3. **Самохин А.В.** Теоретические основы и прикладные методы определения возможности безопасной посадки вертолетов и легких воздушных судов на земную и ледовую поверхности на основе анализа их собственного микроволнового излучения. 2005г. – 260 с.

*А.А. Альсихова, студ.; рук-ли А.П. Брюховецкий, к.ф.-м.н., доц.
(НИУ «МЭИ»), А.М. Юмашев, инж. (НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕТОДИК И АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ ВИДЕО И ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

В настоящее время проявляется значительный интерес к передаче больших потоков информации в цифровом виде, поэтому представляется весьма актуальным изучение различных методов обработки и сжатия цифровых изображений и видеоданных, позволяющих значительно сократить объем передаваемой информации. В связи с этим разработана лабораторная работа в рамках дисциплины «Цифровое телевидение», позволяющая студентам получить наглядное представление о различных эффективных алгоритмах сжатия цифровых изображений при сохранении качества передаваемой картинки [1].

В лабораторной работе используется программа Matlab, позволяющая реализовать работу методов компрессии, в оконном представлении предоставить студентам возможность, меняя методы и параметры эффективного сжатия, оценить качество преобразованной картинки по субъективным и объективным критериям.

Дополнительно студентам предлагается получить представление о работе цифровых фильтров, применительно к фильтрации шумов различных типов изображения [2].

Студентам предлагается самостоятельно провести сравнительный анализ алгоритмов и получить характеристики сжатия. Разработанная программа предлагает оценить работу различных методов фильтрации изображения: медианный фильтр, фильтры Винера, фильтр размытия и др., оценить коэффициенты шумоподавления при фильтрации, провести сравнительную оценку.

Для лабораторной работы разработаны варианты домашнего задания, контрольные вопросы и материалы, необходимые при домашней подготовке, описание, методика проведения работы и порядок ее выполнения.

Литература

1. **А.В. Серов.** Эфирное цифровое телевидение DVB-T/H. СПб.: БХВ-Петербург, СПб, 2010.
2. **В.П. Дворкович, А.В. Дворкович.** Цифровые видеoinформационные системы (теория и практика). М.: Техносфера, 2012.

А.С. Гогенко, студент; рук. А.П. Брюховецкий, к.ф.-м.н. (НИУ «МЭИ»)

ПРОГРАММНАЯ И АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ВЫСКОРОСТНОГО АСИНХРОННОГО ИНТЕРФЕЙСА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

В настоящее время в электронике скорости передачи достигают десятков Гбит/с, что стало возможным благодаря использованию аппаратных гигабитных приемопередатчиков. Однако в рамках одного кристалла, будь то программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) или же микропроцессорные системы (МС), их число ограничено, что в определенных условиях заставляет искать альтернативные способы передачи данных с относительно высокой скоростью.

Данная методика и ее аппаратная реализация на базе ПЛИС позволяет осуществлять передачу данных на скоростях до 300 Мбит/с. При этом используются только дифференциальные линии стандарта LVDS, буферы ввода/вывода ПЛИС и ограниченное число логических ячеек [1].

В докладе представлена программная реализация интерфейса для осуществления асинхронной передачи данных между устройствами, работающими на ПЛИС и тактируемые разными генераторами с одинаковой номинальной частотой.

Литература

1. **Nick Sawyer.** Data Recovery XAPP224 (v2.5): Xilinx, 2005. – P.8

*В.В. Аванесов, студ.; рук. А.А. Комаров,
к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)»*

БОРТОВАЯ РАДИОЛОКАЦИОННАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОЙ ПОСАДКИ ВЕРТОЛЕТА НА НЕПОДГОТОВЛЕННУЮ ПОСАДОЧНУЮ ПЛОЩАДКУ

Самым сложным элементом в пилотировании вертолета является посадка, она сопряжена с повышенным риском аварий и человеческих жертв. Одной из ключевых проблем при посадке на неподготовленные площадки являются условия недостаточной видимости (УНВ). Под УНВ понимается слабая или нулевая оптическая видимость закабинной обстановки, обусловленная слабой освещенностью, неблагоприятными погодными условиями или поднимаемым винтом вертолета вихрем твердых частиц. Последний фактор представляет особую опасность.

Две основные причины авиационных происшествий:

- 1) недостаточная осведомленность о пространственном положении вертолета;
- 2) недостаточная осведомленность о состоянии зоны посадки.

Большинство современных радиолокационных систем плохо работают в пыльном или снежном вихре и не отображают реальную высоту над землей и скорость снижения, что в конечном итоге приводит к неправильной оценке закабинной обстановки и крушению вертолета.

Использование системы безопасной посадки вертолѐта (СБПВ) позволит существенно снизить влияние УНВ и в десятки раз уменьшить вероятность авиационных происшествий. Перспективными направлениями для решения проблемы посадки вертолета в пылевом и снежном вихре признана радиолокация в миллиметровом диапазоне волн [1]. На основе практических исследований доказано, что оптимальная частота передатчика 35 ГГц.

Для разработки СБПВ решены следующие задачи:

- 1) выполнен обзор существующих систем безопасной посадки вертолета;
- 2) разработан алгоритм определения высот неровностей с использованием разностно-фазового интерферометрического метода;
- 3) разработана имитационная модель СБПВ при различных вариантах подстилающей поверхности.

Литература

1. **Баскаков А.И.** Локационные методы исследования объектов и сред. М.: Академия, 2011.

*А.В. Силкин, соиск. (МЦПиБП РЭБ, Тамбов);
рук. В.И. Кошелев, д.т.н., проф. (РГРТУ, Рязань)*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГАУССА-НЬЮТОНА В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ЧАСТОТ ПРИНИМАЕМОГО СИГНАЛА

В настоящее время в области радиолокации вызывает интерес многопозиционные системы определения траекторных параметров движущихся источников радиоизлучений, основанные на измерении в приемных позициях только частот Доплера [1, 2]. Подобного рода системы могут найти применение не только в радиолокации, но и в акустике, гидролокации.

В докладе рассмотрен элемент многопозиционной пассивной системы: объект, движущийся с постоянной скоростью V по прямолинейной траектории и излучающий сигнал с неизвестной частотой f_0 , и приемная позиция, принимающая сигнал от источника излучения с частотой [1]

$$f(t) = f_0 \left(1 + \frac{V \cos(\alpha(t))}{c} \right), \quad (1)$$

где c – скорость распространения сигнала, излучаемого объектом; α – угол между направлением движения объекта и приемной позицией.

Показана возможность, применяя метод Гаусса-Ньютона [3] из-за существующей нелинейной зависимости измеряемых параметров (1) от искомым значений, оценить такие параметры объекта, как скорость движения V , расстояние до объекта R и частоту f_0 . В качестве начальных приближений для искомым величин применяется оценка, полученная на основе аппроксимации последовательности измерений частот полиномом с небольшим числом коэффициентов [2].

В докладе приведены результаты, подтверждающие эффективность предлагаемого подхода для определения параметров движения источника излучения.

Литература

1. **Chan Y.-T., Jardine F.** Target Localization and Tracking from Doppler-Shift Measurements // IEEE Journal of Oceanic Engineering. 1990. Vol. 15. No. 3.
2. **Ковалев Ф.Н.** Определение координат движущихся целей по измерениям доплеровской частоты в радиолокационных системах с обнаружением «на просвет» // Радиотехника и электроника. 2007. Т. 52. № 3.
3. **Жданюк Б.Ф.** Основы статистической обработки траекторных измерений. М.: Советское радио, 1978.

С. И. Абрамова, студ.; рук. А. И. Баскаков, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ПОСТРОЕНИЕ УСТРОЙСТВ ПОДАВЛЕНИЯ ПАССИВНЫХ ПОМЕХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ ЧПВ И АНАЛИЗ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕДАЧИ ЭТИХ УСТРОЙСТВ

Одной из наиболее важных задач в радиолокации является выделение полезных сигналов, отраженных от движущейся цели, на фоне пассивных помех. Для этого можно использовать режекторные гребенчатые фильтры (РГФ), реализуемые в виде алгоритмов или устройств череспериодного вычитания (ЧПВ), которые осуществляют подавление всех компонент спектра сигнала, кратных частоте повторения импульсов. В результате после подавления сигналов неподвижных целей (пассивных помех) на выходе РЛС остаются только сигналы движущихся целей [1].

Важной характеристикой устройства ЧПВ является амплитудно-скоростная характеристика, играющая роль коэффициента передачи устройства.

Для борьбы со слепыми скоростями используется вобуляция периодов повторения или несущей частоты от пачки импульсов к пачке импульсов.

Разработанные модели однократного и многократного последовательных устройств ЧПВ реализованы в программе Matlab. Результатом работы каждой модели является АСХ устройства.

На рис. 1 представлен спектр полезного сигнала и пассивной помехи (длина волны, соответствующая несущей частоте ЛЧМ импульса $\lambda = 0.23$ м, девиация частоты $f_d = 1$ МГц, частота дискретизации $F_d = 1$ МГц, скважность ЛЧМ импульсов $Q = 20$). Используется эквидистантный пачечный ЛЧМ сигнал.

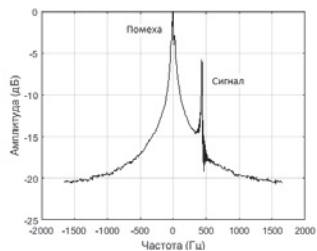


Рис. 1. Спектр полезного сигнала и пассивной помехи в дБ

Литература

1. Бакулев П. А. Радиолокационные системы. – Радиотехника, 2004.

Секция 6

СИСТЕМЫ РАДИОАВТОМАТИКИ И РАДИОУПРАВЛЕНИЯ

Руководитель секции: Куликов Роман Сергеевич

Секретарь секции: Захарова Елена Владимировна

В.С. Лукьянов, асп.; рук. А.Ю. Шатилов, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОТОЧНОГО РЕШЕНИЯ (PPP) В РАДИОНАВИГАЦИОННОМ ПРИЁМНИКЕ ПРИ РАБОТЕ ОТ ИМИТАТОРА СИГНАЛОВ СРНС

В настоящее время, одним из самых приоритетных направлений спутниковой радионавигации является высокоточная навигация. Под высокоточным определением координат понимается нахождение координат с сантиметровым уровнем точности. В настоящий момент, для этой задачи, широко используются алгоритм RTK (от англ. Real Time Kinematic), однако в противовес ему развивается другой метод, дающий новые возможности – PPP (от англ. Precise Point Positioning).

В данной работе оценивается возможность получения решения, используя алгоритмы PPP из измерений, полученных из имитатора сигналов спутниковых радионавигационных систем. Основной проблемой данного вопроса является то, что алгоритм PPP использует «внешние» данные для решения навигационной задачи (НЗ), а именно эфемериды и время навигационных спутников (НС). Эта корректирующая информация (КИ), как правило, берется из сторонних ресурсов, предоставляемыми организациями осуществляющих слежение за состоянием НС [1]. Если эта КИ и измерения навигационного приёмника не будут согласованы, то алгоритм PPP просто не будет выдавать решение НЗ.

Исследование этой задачи важно в изучении вопроса устойчивости алгоритмов PPP к имитационным помехам. Дело в том, что в самом простом случае, имитационную помеху можно представить в виде сигналов, созданных имитатором навигационного поля. А это означает, что если PPP алгоритмы не могут работать по имитационным сигналам, то, скорее всего, создать помеху, уведящую PPP алгоритмы в точку с ложными координатами, будет невозможно или технически крайне сложно.

В данной работе делается акцент на изучении вопроса именно возможности получения решения НЗ по сигналам имитатора.

Литература

1. **Peter J.G. Teunissen**, Oliver Montenbruck (Eds.) Springer Handbook of Global Navigation Satellite System. Springer, 2017.

*Р.Р. Шамсиев, С.Д. Яшагин, студенты; рук. А.Н. Богданов, к.т.н.
(КГЭУ, Казань)*

РАЗРАБОТКА ВТОРОГО ПРОТОТИПА ДОМОФОННОГО МОДУЛЯ “HANDSFREE”

На сегодняшний день домофонные системы завоевали огромную популярность среди жильцов многоквартирных домов. Благодаря данной системе в подъездах стало намного уютнее, а непрошенных гостей стало меньше. Обладая определенными плюсами, домофонная система имеет и свой недостаток – прикладывание брелока к считывателю.

Нами разрабатывается модульная приставка к наиболее распространенным в России домофонам, позволяющая разблокировать дверь подъезда на расстоянии. С целью повышения комфорта было решено использовать технологию пассивной метки, что внесло свои ограничения в качество считывания сигнала [1].

Первый тестовый прототип состоял из трех основных элементов - разработанная плата управления, готовые Radio Frequency Identification (RFID)-считыватель и антенна. На основе анализа доступной информации был выбран RFID-считыватель, работающий на частоте от 860 до 960 МГц. После сборки тестового прототипа были проведены эксперименты на качество считывания при различных условиях, результаты которых показали не удовлетворительный результат [2].

При разработке второго прототипа было решено использовать считыватель с другой частотой. В ходе предварительных экспериментов было выявлено, что данное решение позволяет значительно повысить качество считывания, но сокращается эффективное расстояние считывания. С целью повышения дальности считывания разработан прототип антенны для модуля “HandsFree”.

В результате был разработан и собран второй прототип модуля “HandsFree”. В настоящее время прототип подготовлен к установке и тестированию на площадке индустриального партнера. При получении положительных результатов модуль будет установлен в одном из многоквартирных домов г. Казани.

Литература

1. Бхуптани М., Морадпур Ш., RFID технологии на службе вашего бизнеса. – Sun Microsystems, Inc., 2005
2. Яшагин С.Д., Шамсиев Р.Р. Модернизация домофонной системы с помощью RFID-технологий // Радиотехника, электротехника и энергетика: 24-я Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тезисы докладов. — М.: ООО «Центр полиграфических услуг „Радуга“», 2018. — С. 155.

*А.А. Чугунов, студент; Д.В. Царегородцев, аспирант;
рук. Р.С. Куликов, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗБЫТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ОТБРАКОВКИ АНОМАЛЬНЫХ ОШИБОК В ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ НАВИГАЦИИ НА БАЗЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

Фактическим стандартом для применения в открытом пространстве являются глобальные спутниковые навигационные системы. В то же время актуальными являются решения задачи навигации в закрытых помещениях. Актуальность данного вопроса подтверждается большим числом работ на эту тему в мире и широким набором исследуемых технологий [1].

Одним из решений является применение сверхширокополосных радиосигналов. Преимуществами применения таких сигналов является более высокая потенциальная точность измерения задержки огибающей радиосигнала в соответствии с нижней границей Рао-Крамера, а также то, что сигналы с широким спектром обладают более коротким импульсом по сравнению с узкополосными сигналами, что позволяет более эффективно бороться с многолучевостью – эффектом, вносящий наибольший вклад в ошибку определения координат потребителя в закрытых помещениях.

Системы навигации в помещении являются позиционными – требующими наличия подсистемы опорных точек. Такие системы могут быть запросными и беззапросными. Запросные системы обладают более высокой точностью, а беззапросные обеспечивают навигацию неограниченного числа потребителей.

Несмотря на то, что для решения навигационной задачи необходимо минимум три радиоизмерения (для двумерной задачи), на практике, как правило, используется большее количество радиомаяков. Это связано с тем, что в помещении за счет перемещения людей, роботов, наличия препятствий, мебели, постоянно возникают заслонения прямой видимости, переотражения и искаженные измерения, приводящие к ошибкам определения координат потребителя.

Данный доклад посвящен алгоритму, использующему избыточность для отбраковки «плохих» измерений, разработанному для беззапросной разностно-дальномерной сверхширокополосной радиосистемы, и анализу его эффективности.

Литература

1. Curran, Kevin; Furey, Eoghan; Lunney, Tom; Santos, Jose; Woods, Derek; McCaughey, Aiden (2011). "An Evaluation of Indoor Location Determination Technologies". Journal of Location Based Services. 5 (2): 61–78.

А.А. Мхоян (НИУ «МЭИ»), В.А. Кобзев (МГТУ им. Баумана, Москва) студенты; рук. д.т.н. В.И. Меркулов (АО "Концерн радиостроения "Вега")

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ УПРЕЖДЕНИЙ ПРИ НАВЕДЕНИИ НА МАНЕВРИРУЮЩУЮ ЦЕЛЬ

В настоящее время используется большое количество законов управления летательными аппаратами, в основе которых заложены различные предположения. В связи с этим необходимо проводить исследования методов, базирующихся на данных законах [1]. Целью представленной работы является внесения нового метода наведения в разработанную ранее автоматизированную систему расчета траекторного наведения (АСТН) [2], с последующим исследованием при различном характере изменений характеристик и параметров.

Задавая первоначальные условия, с учётом параметров объектов, получим: конечные траектории полета объектов, графики изменений показателей перегрузки и «промаха», а также численные результаты параметров АСТН. По полученным данным можно сделать вывод, что метод наведения инвариантен к условиям применения. Особенностью метода является практически прямолинейная траектория наводимого объекта при отсутствии маневра цели. Один из вариантов траектории движения объектов, с неким набором первоначальных данных и с учетом поправок, можно увидеть на рис. 1.

Успешная реализация данного метода позволяет в дальнейшем проводить на основе АСТН исследование и сравнение различных методов, в том числе с учетом несоответствия динамических свойств объектов.

Литература

1. Меркулов В.И. и др. *Авиационные системы управления*: в 3 томах / Под. Ред Меркулова В.И., Канащенкова А.И. – М.: ИПРЖР, 2003.
2. Мхоян А.А., Кобзев В.А., Меркулов В.И. *Исследование оптимального метода пропорционального наведения при наведении на маневрирующую цель*//Радиотехника, электротехника и энергетика: Двадцать четвертая Международный. Науч.-техн. конф. студентов и аспирантов (15-16 марта 2018 г., Москва): Тез. Докл. М.: Издательский дом МЭИ, 2018. – 92 с.

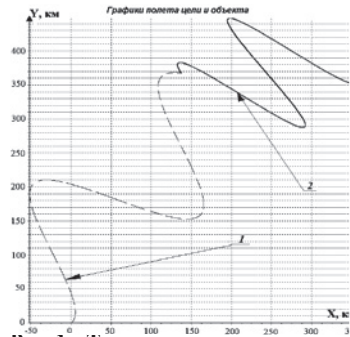


Рис. 1. Траектории движения на координатной плоскости при дальности 500 км:

1 – наводимый объект; 2 – цель;

*Н.И. Петухов, студент; Д.В. Царегородцев, аспирант;
рук. Р.С. Куликов, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)*

СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ КОМПЛЕКСНЫМ ФИЛЬТРОМ КАЛМАНА И ФИЛЬТРОМ ЧАСТИЦ В ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ НАВИГАЦИИ НА БАЗЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

В современном мире, быстро развивающемся в техническом и экономическом планах, все более остро встает вопрос определения местоположения объекта или человека внутри помещения, где сигналы глобальной навигационной спутниковой системы недоступны, а точности этой системы недостаточно для большинства практических задач.

Одним из наиболее перспективных решений данной проблемы по праву можно считать применение навигационных систем, использующих сверхширокополосные сигналы. Благодаря сверхкоротким импульсам данная система в гораздо меньшей мере чувствительна к многолучевости (переотражениям от препятствий) нежели ее аналоги, что позволяет позиционироваться с высокой точностью. Но данный показатель качества можно улучшить, если использовать дополнительную информацию об оцениваемом параметре (координате) от инерциальных датчиков, природа измерений которых отлична от соответствующей природы измерений радиосистем. Наибольшего выигрыша от комплексирования (объединения и совместной обработки информации) измерителей можно добиться в результате синтеза оптимальной комплексной системы фильтрации.

Настоящий доклад посвящен синтезу и оценке точностных характеристик двух основных классов фильтров слабосвязанной схемы комплексирования [1], используемой в большинстве современных ИСНС: квазиоптимальному (в виду нелинейности динамической модели вектора состояния) расширенному фильтру Калмана и аппроксимационно оптимальному фильтру частиц, основанному на последовательном методе Монте-Карло, позволяющем сформировать набор случайных точек, аппроксимирующих апостериорную плотность вероятности оцениваемого вектора состояния по принятым наблюдениям и оценивание которого стремится к оптимальному при увеличении числа частиц. Синтезированные алгоритмы предназначены для позиционирования объектов типа колесных платформ с моделью движения с тремя степенями свободы (две планарные координаты и угол курса) в плоскости локальной навигационной системы.

Литература

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова — Изд. 4-е, перераб. и доп. — М.: Радиотехника, 2010. — 800 с.

Д.Д. Малафеева, студ.; рук. И.А. Нагин, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)
**ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ НАЧАЛЬНОЙ ВЫСТАВКИ
 УГЛОВ В ИНЕРЦИАЛЬНО-СПУТНИКОВОЙ
 НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ**

Инерциально – спутниковые навигационные системы (ИСНС) обладают рядом преимуществ по сравнению с независимыми спутниковыми и инерциальными навигационными системами. В основе таких систем лежит алгоритм комплексирования, обеспечивающий оценку навигационных параметров потребителя – координат, скорости, углов ориентации. Для корректного функционирования алгоритма необходимо задать начальные значения оцениваемых параметров. Начальная выставка углов крена и тангажа может быть выполнена с помощью измерений акселерометров. Погрешность этой оценки (для неподвижного потребителя) определяется ошибками акселерометров. Оценить погрешность расчета углов ориентации можно, используя модель погрешностей акселерометров:

$$\mathbf{a}_{rpy} = (\mathbf{I} + \mathbf{m}_a) \mathbf{A}_{rpy} + \mathbf{b}_a + \mathbf{n}_a \quad (1)$$

где \mathbf{I} – единичная матрица, \mathbf{m}_a – матрица масштабных коэффициентов и перекосов осей акселерометра, \mathbf{A}_{rpy} – вектор истинного кажущегося ускорения, \mathbf{b}_a – смещение нулей акселерометра, \mathbf{n}_a – шум измерений.

Была разработана модель и получены ошибки оценки углов крена и тангажа для инерциального измерительного блока MPU-9250 в зависимости от величины углов крена и тангажа.

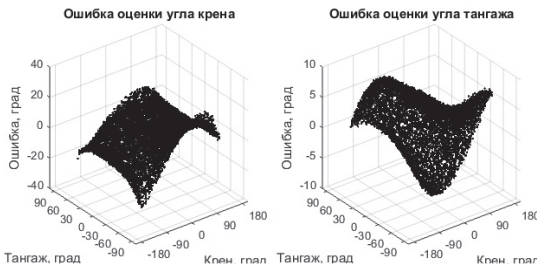


Рис. 1. Ошибки оценивания углов крена и тангажа

Литература

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования /Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова — Изд. 4-е, перераб. и доп. — М.: Радиотехника, 2010.—800 с.

Секция 7

СЕТИ И СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Руководитель секции: Губонин Николай Сергеевич

Секретарь секции: Сизякова Анна Юрьевна

*В.А. Лобов, студ.; рук. В.В. Афанасьев, д.т.н., проф.
(КНИТУ-КАИ имени А.Н. Туполева, Казань)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ХАОТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ДИСКРЕТНО-НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛОРЕНЦА

Эффективным направлением развития конфиденциальных систем связи и передачи информации является использование эффектов хаотической динамики для формирования новых носителей информации. Системы с динамическим хаосом относятся к перспективным средствам формирования псевдослучайных сигналов. Нелинейная радиоэлектронная системы Лоренца с динамическим хаосом широко применяется для формирования псевдослучайных сигналов с заданными параметрами и характеристиками. Выработка инженерных рекомендаций по разработке конфиденциальных систем передачи информации связи с использованием динамического хаоса представляет важную задачу, выдвигаемую требованиями практики.

Цель работы – моделирование и исследование системы передачи информации на основе метода переключения хаотических режимов дискретно-нелинейной динамической системы Лоренца.

На основе средств MATLAB выполнено моделирование базовых блоков системы передачи информации на основе метода переключения хаотических режимов радиоэлектронной дискретно-нелинейной системы Лоренца. Разработаны программные средства, позволяющие изменять параметры системы, выполнять построение и оценивать фазовые портреты и реализации формируемых псевдослучайных сигналов, исследовать статистические характеристики псевдослучайных сигналов системы Лоренца. Выполнено моделирование базовых блоков системы передачи информации на основе метода переключения хаотических режимов.

Таким образом, в ходе моделирования системы передачи информации на основе переключения хаотических режимов системы Лоренца обоснованы инженерные рекомендации по выбору базовых параметров системы. Разработанные средства моделирования и результаты исследования статистических характеристик формируемых псевдослучайных сигналов могут быть использованы для оптимизации и исследования систем передачи информации с эффектами динамического хаоса на основе управляемой дискретно-нелинейной динамической системы Лоренца.

*И.И. Минязов, Н.Г. Акбердин, студенты; рук. А.Н. Богданов, к.т.н.
(КГЭУ, Казань)*

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА ИСТОЧНИКА ЗВУКА

Ежегодно в России пропадает свыше 100 тысяч человек, из них около 50 000 – дети. В связи с тем, что чаще люди уходят в лес за грибами и ягодами, количество тех, кто теряется в весенне-летний сезон резко возрастает. Согласно доступной информации, найти удастся лишь половину. В следствие этого возникает задача - модернизация старых или разработки новых решений по поиску людей в лесной местности. Главным фактором успеха поисковой операции является время. Чем дольше идет поиск – тем меньше вероятность успеха [1].

Было решено разработать систему, которая позволит значительно сократить время на поиск потерявшего в лесной местности человека. Идея заключается в том, чтобы оборудовать лесные зоны слуховыми блоками, которые будут находиться друг от друга на определенном значительном расстоянии. Слуховые блоки содержат в себе микрофон, системы питания и передачи информации (возможен вариант дополнения громкоговорителем и сигнальной кнопкой). Слуховой блок должен иметь антивандалный защищенный корпус.

Система работает в двух режимах – спящий и активный. В спящем режиме с целью снижения энергопотребления работает только система передачи информации на местный сервер, позволяющая подтверждать работоспособность слухового блока и его местоположение. Как только поступила заявка о пропаже человека в лесу – система переводится в активный режим – в планируемых районах поиска в слуховых блоках включаются микрофоны.

На данном этапе разработан прототип устройства, определяющий направление в котором находится источник звука в идеальных условиях при отсутствии звукового шума. Современные программно-технические средства позволяют выделять отдельные звуки в общем шуме. С последующей программной обработкой возможно добиться определения предположительного местонахождения источника определенного звука.

После разработки рабочего прототипа системы планируется провести полевые испытания в пригородном лесу Казани.

Литература

1. Шойгу С. К., Фалеев М. И., Кириллов Г. Н. Учебник спасателя. Краснодар: Сов. Кубань, 2002.

*В.И. Карнаухов, студ.; рук. В.В. Афанасьев, д.т.н., проф.
(КНИТУ-КАИ имени А.Н. Туполева, Казань)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ УЗЛОВ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АНИЩЕНКО-АСТАХОВА

Оптимизация систем конфиденциальной цифровой передачи информации, использующей эффекты динамического хаоса, неразрывно связана с разработкой и исследованием моделей генераторов псевдослучайных сигналов на основе управляемых радиоэлектронных дискретно-нелинейных динамических систем [1].

Цель работы состоит в моделировании блоков системы передачи информации на основе дискретно-нелинейной динамической системы Анищенко-Астахова с выработкой рекомендаций по выбору параметров системы.

При помощи средств MATLAB выполнено моделирование базовых блоков системы передачи информации на основе дискретно-нелинейной динамической системы Анищенко-Астахова. Разработаны программные средства, позволяющие изменять параметры системы Анищенко-Астахова, исследовать параметры и характеристики формируемых псевдослучайных сигналов. Получены оценки изменения вероятностных и статистических характеристик формируемых псевдослучайных сигналов при внешних управляющих воздействиях на параметры дискретно-нелинейной системы Анищенко-Астахова.

На основе выполненного моделирования системы Анищенко-Астахова обоснованы инженерные рекомендации по выбору базовых параметров системы. Разработанные средства моделирования и результаты исследования статистических характеристик формируемых псевдослучайных сигналов могут быть использованы для оптимизации и исследования систем передачи информации с эффектами динамического хаоса на основе управляемой дискретно-нелинейной динамической системы Анищенко-Астахова.

Литература

1. **Афанасьев В.В., Логинов С.С., Ю.Е. Польский** Анализ и синтез нелинейных радиоэлектронных динамических устройств и систем с варьируемым шагом временной сетки. – Казань: Изд-во КГТУ, 2013. - 220 с.

Секция 8

КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Руководитель секции: Скорнякова Надежда Михайловна

Секретарь секции: Сычёв Дмитрий Геннадьевич

*А.А. Копалкин, студент; рук. В.Е. Шукшин, к.ф.-м.н.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

ПРИМЕНЕНИЕ КР-СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХКОРОТКИХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Современные задачи квантовой электроники (например, изучение процессов быстрой люминесценции) для своего решения требуют создания новых спектрально позиционированных источников когерентного излучения. Для создания лазера, генерирующего излучение в требуемом диапазоне часто прибегают к различным методам преобразования лазерного излучения, в т.ч. – ВКР (вынужденное комбинационное рассеяние). О возможности реализации ВКР-лазера на данном материале судят, в первую очередь, по поляризованным спектрам КР (комбинационное рассеяние) [1].

В работе был проведен теоретико-групповой анализ и исследования методом КР-спектроскопии монокристаллов SrMoO_4 , SrWO_4 и BaWO_4 . Рассмотрена методика проведения внутррезонаторного ВКР-преобразования в данных кристаллах с использованием синхронной накачки. Результатом является многократное укорочение генерируемых пикосекундных импульсов ВКР-излучения до обратной ширины наиболее широкой КР-линии кристалла при высоком пространственном качестве пучка излучения. [2].

Недавно был предложен новый метод получения пикосекундных импульсов за счет использования широких низкочастотных линий КР спектра. Успешно применяемые для этой цели монокристаллы молибдатов и вольфраматов обладают пригодным спектром.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 19-02-00723.

Литература

1. **Milan Frank, Sergei N. Smetanin, Michal Jelínek, David Vyhřídál, Aleksey A. Kopalkin, Vladislav E. Shukshin, Lyudmila I. Ivleva, Petr G. Zverev, Václav Kubeček.** Synchronously-pumped all-solid-state SrMoO_4 Raman laser generating at combined vibrational Raman modes with 26-fold pulse shortening down to 1.4 ps at 1220 nm // *Optics and Laser Technology*. 2019. V. 111. pp. 129-133.
2. **Milan Frank, Sergei N. Smetanin, Michal Jelínek, David Vyhřídál, Lyudmila I. Ivleva, Petr G. Zverev And Václav Kubeček.** Highly efficient picosecond all-solid-state Raman laser at 1179 and 1227 nm on single and combined Raman lines in a BaWO_4 crystal // *Optics Letters*. 2018. V. 43. No. 11. pp. 2527-2530.

О.Р.Рахматуллина студ.; рук. И.Н. Павлов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МЕТОДА НАРУШЕННОГО ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ

Эффект полного внутреннего отражения (ПВО) широко используется в оптической рефрактометрии для измерения показателя преломления оптически однородной жидкости. На нем основываются чувствительные методы измерения показателей преломления различных сред, в том числе метод нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) [1].

В данной работе произведен сравнительный анализ чувствительности метода НПВО, используемого для исследования физических процессов в каплях жидкости. В эксперименте в качестве базовой жидкости использовалась чистая вода комнатной температуры ($T = 23^{\circ}\text{C}$, $n_D = 1,3320$). В качестве исследуемой жидкости использовались водные растворы сахара в различных пропорциях. Показатели преломления измерялись с помощью рефрактометра ИРФ-454 Б2М и установки, схема которой представлена на рис. 1 [1].

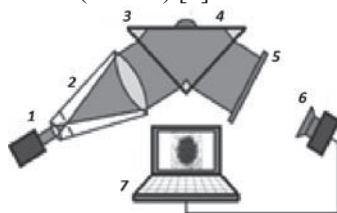


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – лазер; 2 – расширитель пучка, 3 – стеклянная призма, 4 – исследуемая капля, 5 – экран, 6 – цифровая камера, 7 – ПК.

В результате обработки экспериментальных изображений по специально разработанному алгоритму было установлено, что метод НПВО имеет чувствительность по показателю преломления, равную 0,0001, что является достаточно хорошим результатом среди других оптических методов. Однако существуют задачи, в которых требуется повышенная чувствительность, поэтому целью дальнейшей работы будет являться обзор возможностей повышения чувствительности метода НПВО.

Литература

1. Павлов И.Н., Ринкевичюс Б.С., Толкачев А.В. Установка для визуализации испарения капли жидкости методом нарушенного полного внутреннего отражения лазерного пучка // Приборы и техника эксперимента, 2013, №2. С. 130-135.

А.С. Мацюк, студ.; рук., О.В. Печинская, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)
**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ КРУПНОГАБАРИТНОГО
АВТОКОЛЛИМАТОРА С ЧЕТЫРЁХЛИНЗОВЫМ
ОКУЛЯРОМ**

Крупногабаритный автоколлиматор построен на базе объектива «Телегоир-12МК» и предназначен для измерения основных характеристик широкопольных светосильных объективов. Фокальный узел автоколлиматора имеет два канала: измерительный и контрольный.

Целью работы является исследование энергетических характеристик измерительного и контрольного каналов автоколлиматора в режиме фокусировки автоколлиматора с помощью плоского контрольного зеркала. Моделирование автоколлиматора было выполнено в пакете прикладных программ Zemax. Оптическая схема и основные характеристики автоколлиматора приведены в [1]. Расчёт был выполнен для источника излучения со следующими параметрами: длина волны 614 нм, мощность 2 мВт в угле 60°. В контрольной ветви автоколлиматора приёмником излучения служит камера Basler acA 1600-20um, характеристики камеры можно найти в [2].

В результате исследования получено, что поток излучения на приёмной матрице камеры автоколлиматора после двойного прохождения автоколлиматора (фокусировка с контрольным зеркалом) ниже порогового значения, освещённость на матрице в пятне измерительного канала на два порядка меньше освещённости в пятне контрольного канала, что может существенно затруднить процесс юстировки автоколлиматора. Также установлено, что значительная часть мощности в измерительном канале теряется вследствие того, что в объектив автоколлиматора попадает 25% потока излучения, выходящего из фокального узла.

Выработаны следующие рекомендации для усовершенствования автоколлиматора: замена источника излучения на более мощный с одновременным подавлением мощности излучения в контрольном канале; разработка оптической схемы фокального узла, обеспечивающей лучшее согласование апертурных углов объектива и окуляра автоколлиматора.

Литература

1. Мацюк А.С. Выпускная работа бакалавра «Моделирование фокального узла для автоколлиматора на основе объектива «Телегоир»», М.: НИУ МЭИ, 2018.
2. Технические характеристики камеры Basler acA 1600-20um. Режим доступа: https://visionmachines.ru/catalog/kamery/matrichnye_basler/acc/257/. Дата обращения 05.12.2018.
3. Якушенков Ю.Г. Теория и расчёт оптико-электронных приборов: учебник для вузов по направлению 200200 «Оптотехника» / Ю. Г. Якушенков . – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Логос, 2011 . – 568 с.

*Д.В. Ильин, студ.; Вин Тху, асп.; рук. Н.М. Скорнякова, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОБТЕКАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ИМЕЮЩИХ РАЗЛИЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ШЕРОХОВАТОСТИ

Результаты аэродинамических и гидродинамических исследований играют важную роль во многих областях. Например, в авиационной и автомобильной промышленности путем уменьшения сопротивления воздуха могут быть улучшены различные характеристики разрабатываемого транспортного средства. Поэтому проводятся исследования, состоящие в определении влияния структуры поверхности на поток воздуха, обтекающий объект с такой поверхностью. Известно, что существует заметное влияние поверхности, имеющей шероховатость с негауссовой функцией распределения, на турбулентный пограничный слой, в связи с чем сделано предположение о наличии возможности управления характером обтекания объекта с помощью подбора подходящих параметров поверхности [1].

Проводятся аналогичные экспериментальные исследования, но с помощью оптических методов, в частности метода анемометрии по изображениям частиц (АИЧ, PIV – Particle Image Velocimetry), основа которого заключается в регистрации двух изображений потока через небольшой промежуток времени, в результате кросс-корреляционной обработки которых могут быть получены векторные поля скорости потока [2]. Это позволит получить более полную картину исследуемого процесса, поскольку оптические методы имеют ряд преимуществ над контактными методами, использовавшимися авторами статьи [1].

Будут представлены результаты экспериментальных исследований обтекания шероховатых поверхностей с различными параметрами шероховатости (среднеарифметическое отклонение профиля, наибольшая высота профиля, средний шаг неровностей, тип направлений неровностей). Будут представлены результаты модернизации созданной ранее экспериментальной установки, позволяющей проводить подобные исследования в лабораторной аэродинамической трубе, с целью улучшения получаемых экспериментальных результатов.

Литература

1. **Влияние фрактальной микроструктуры** обтекаемой поверхности на характеристики турбулентного пограничного слоя / М. А. Брутян [и др.] // Ученые записки ЦАГИ. – 2013. – Т. XLIV, № 4. – С. 15–30.
2. **Particle Image Velocimetry**. A Practical Guide / М. Raffel [и др.]. – 3rd edition. – Springer International Publishing, 2018. – 669 p.

Ш.Ш. Усманова, студ.; рук. Н.М. Скорнякова, к.т.н., доц.(НИУ «МЭИ»)
**РАЗРАБОТКА ЛАЗЕРНОГО БЛОКА ДЛЯ
МУЛЬТИЦВЕТНОЙ АНЕМОМЕТРИИ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ
ЧАСТИЦ**

Работа посвящена моделированию схемы лазерного блока для практического применения мультицветной анемометрии по изображению частиц (АИЧ) [1]. Блок включает в себя набор из трёх полупроводниковых лазеров разных длин волн и оптической системы, объединенных в один корпус.

Метод АИЧ в настоящее время является наиболее перспективным методом диагностики и визуализации потоков в газовых и жидких средах. Одной из её передовых модификаций, позволяющей проводить одновременные измерения всех трёх компонент скорости, является метод стерео АИЧ. Принцип работы метода основан на засеивании потоков среды мельчайшими частицами-трассерами и наблюдении за траекториями их движения. Скорость исследуемого потока определяется на основе предположения, что частицы двигаются по течению, при этом не внося никаких возмущений в поток. Измерительная область подсвечивается лазерной плоскостью. Перпендикулярно лазерной плоскости осуществляется видеозапись излучения, рассеянного на частицах. Далее выполняется измерение смещения частиц-трассеров за известное время между двумя последовательными кадрами. Для стерео записи положения частиц используются две цифровых камеры, установленные под равными углами к направлению, перпендикулярному потоку.

К сложностям использования данного метода следует отнести необходимость в предварительной высокоточной калибровке цифровых камер и юстировке оптической системы. Также в настоящее время одним из существенных недостатков, сдерживающих широкое распространение этих методов, является высокая стоимость комплексов, позволяющих применить их на практике.

Смоделированная схема лазерного блока имеет перспективы в разработке комплекса мультицветной АИЧ для проведения стерео измерений, который бы не нуждался в трудоёмкой работе по его настройке и адаптации к особенностям исследуемого потока, дорогостоящем оборудовании и был бы достаточно мобильным для решения поставленных задач.

Литература

1. **Баюн С.В., Скорнякова Н.М.** Возможности мультицветной анемометрии по изображениям частиц // Оптические методы исследования потоков: XIII МНТК [Электронные ресурсы]: труды конференции. – Электрон. дан. – М.: НИУ «МЭИ», 2015. – 1 электрон. Опт. Диск (CD-ROM). – С. 477–485 – ISBN 978-5-00086-752-5

*Е.В. Вильшанская (НИУ «МЭИ») аспирант; рук. Б.Б. Зеленер,
д.ф.-м.н. (ОИВТ РАН, НИЯУ МИФИ, НИУ МЭИ)*

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ РИДБЕРГОВСКИХ АТОМОВ ^{40}Ca В МАГНИТООПТИЧЕСКОЙ ЛОВУШКЕ

В рамках работ по лазерному охлаждению и пленению атомов для изучения ансамблей ультрахолодных ридберговских атомов и неидеальной плазмы [1,2] была собрана установка по лазерному охлаждению атомов ^{40}Ca . В экспериментальной установке создан вакуум порядка 10^{-10} Торр с использованием ионного и ионно-геттерного насосов. Облако охлажденных атомов кальция захватывается в магнитооптическую ловушку с помощью лазерного излучения с длиной волны 423 нм. Получена зависимость концентрации атомов в магнитооптической ловушке от отстройки и градиента магнитного поля. При оптимальной отстройке частоты охлаждающего излучения максимальная концентрация составила $2,3 \cdot 10^9 \text{ см}^{-3}$, а количество атомов $9,5 \cdot 10^6$. Проведена оценка температуры захваченных в магнитооптическую ловушку атомов с использованием метода дифференциальной двухфотонной спектроскопии [3]. Температура атомов составила порядка 5 мК.

В экспериментальной работе методом падения резонансной флюоресценции были исследованы спектры высоковозбужденных атомов кальция, полученные при помощи ультрафиолетового лазерного излучения. Проведена регистрация ридберговских спектров с главным квантовым числом $n=50-70$. Также была обнаружена возможность реализации схемы стабилизации излучения для создания высоковозбужденных ридберговских атомов по спектру насыщенного поглощения в ячейке с газом атомов рубидия.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант № 18-12-00424).

Литература

1. **Зеленер Б.Б. и др.** О реализации высокой концентрации атомов лития-7 в магнитооптической ловушке //ЖЭТФ. – 2014. – Т. 146. – №. 5. – С. 909-916.
2. **Зеленер Б.Б. и др.** Запрещенные переходы $2p\text{-}np$ и $2p\text{-}nf$ в спектре энергий ультрахолодных ридберговских атомов лития-7 //ЖЭТФ. – 2016. – Т. 149. – №. 4. – С. 750-755.
3. **Sautenkov V.A. et al.** Differential two-photon spectroscopy for nondestructive temperature measurements of cold light atoms in a magneto-optical trap //JOSA B. – 2018. – V. 35. – №. 7. – p. 1546-1551.

Н.С. Ильина, студ.; рук. А.Ю. Поройков, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

ПРОГРАММА ОБРАБОТКИ КАРТИН ИНТЕРФЕРОМЕТРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТИ С ВЫСОКИМ ДИНАМИЧЕСКИМ ДИАПАЗОНОМ

Определение точности фотограмметрических методов, широко распространенных в промышленности, является сложной, но необходимой для их применения, задачей. Одним из способов ее решения является сравнение результатов их измерений с результатами других методов [1], в качестве которых может быть использована лазерная интерферометрическая профилометрия – прецизионный метод с высокой разрешающей способностью.

Классические профилометры не позволяют производить измерения форм поверхностей с большим перепадом амплитуды. Однако существуют методы модификаций их схем совместно с дополнительной цифровой обработкой для расширения динамического диапазона [2]: измерение с помощью эквивалентной длины волны, изменение длины волны источника излучения, восстановление полной фазы с помощью целочисленного анализа, алгоритм развертывания фазового поля, использование допущения о непрерывности производных. Последние два метода позволяют расширить динамический диапазон измерений, не прибегая к дополнительным изменениям в схеме интерферометра, и таким образом улучшить характеристики уже существующих измерительных систем.

Актуальной задачей является автоматизация процесса обработки экспериментальных интерференционных картин. Для ее решения необходимо разработать программное обеспечение для определения формы поверхности на основе цифровых изображений интерференционных картин с помощью алгоритма развертки фазового поля.

В работе будет представлена разработанная автором программа. Базовый алгоритм обработки интерференционных картин с ее помощью состоит из следующих этапов: удаление шума (паразитной спекл-структуры), бинаризация изображения с автоматическим подбором порога (или адаптивная пороговая фильтрация), выделение интерференционных полос, развертка фазового поля, отображение и сохранение результатов измерений.

Литература

1. **Поройков А.Ю.** Комплекс определения погрешности измерения формы гибкой деформируемой поверхности методом корреляции фоновых изображений // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2017. №6. С. 28-39.
2. **Гужов В. И.** Оптические измерения. Компьютерная интерферометрия. / В. И. Гужов, С. П. Ильиных. 2-е изд. М. : Издательство Юрайт, 2018. 258 с.

*А.В. Кучменко, студ., И.И. Коротких, асс., рук.
Н.М. Скорнякова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ПРИ РАЗНЫХ КОНФИГУРАЦИЯХ ПЛАЗМОТРОНА

Проведено немалое количество исследований, посвященных аргоновой плазме и областям ее применения. Существует достаточно большое количество разновидностей плазмотронов, но, к сожалению, традиционными контактными методами не всегда получается полноценно изучить параметры плазменного потока [1]. Для решения этой проблемы в последнее время применяются бесконтактные оптические методы.

Было исследовано три модели плазмотронов: медицинский, маломощный с холодной плазмой и высокочастотный.

С помощью метода высокоскоростной регистрации производилась визуализация стадий развития и затухания плазменного факела для трех видов плазмотронов. На основе полученных данных были получены скорости распространения плазменного потока при разных значениях давления аргона.

Для последующего определения температурных параметров плазменного потока использовался теневой фоновый метод. Производилось сравнение снимков фонового экрана при отсутствии потока плазмы со снимками, сделанными при наличии плазменного факела для разных значений давления. Обработка полученных результатов проводилась оконным кросскорреляционным методом. Полученные корреляционные коэффициенты прямо пропорциональны смещению изображения точек фонового экрана. В силу оптических свойств среды данное смещение пропорционально градиенту показателя преломления на пути луча. Известно, что показатель преломления зависит от температуры, давления, плотности и других характеристик среды [2]. Поэтому полученное распределение смещений изображений точек фонового экрана нормировалось на показания температурных датчиков на краю изображения. При обработке экспериментальных данных получены распределения температуры потока плазмы от каждого плазмотрона.

Литература

1. Железнов Ю. А., Хомич В. Ю. Экспериментальный метод пассивной оптической диагностики плазмы // Прикладная физика. — 2011. — С. 60–66.
2. Скорнякова Н. М. Теневой фоновый метод и его применение // Современные оптические методы исследования потоков / Под ред. Б. С. Ринкевичюса. — М.: Оверлей, 2011. — С. 93–106.

*А.А. Каюмов, В.А. Павлыгина, студенты; рук. А.Н. Богданов, к.т.н.
(КГЭУ, Казань)*

РАЗРАБОТКА КОМПАКТНОГО ЛАЗЕРНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ГРАВИРОВАЛЬНЫХ СИСТЕМ

В настоящее время лазеры приобрели большую популярность в гравировальной технике. Это связано с повышенными быстротой и точностью выжигания, широким спектром обрабатываемых форм и материалов. Но в большинстве своем лазерные гравировальные установки являются дорогостоящим оборудованием, с ценой от нескольких сотен тысяч до миллионов рублей. В основном цена такого оборудования определяется мощностью и типом лазерной системы.

Применение лазеров в системах 3D-печати, рекламной гравировке по бумажной поверхности не требует значительной мощности лазера. В связи с этим была поставлена задача разработать компактный лазерный модуль небольшой мощности, способный обрабатывать бумажные поверхности и доступный по цене.

Первый концептуальный прототип был разработан зимой 2018 года и продемонстрирован на 19-й международной специализированной выставке «ЭНЕРГЕТИКА. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ», Казань. Данный прототип был нерабочим и представлял собой концептуальный макет модуля. Весной был собран первый рабочий прототип, который имел ряд недостатков – низкую точность, большую длительность выжигания, низкое качество выжигания (неровная глубина выжигания, высокая зольность, нечеткая цветность и др.) [1].

В связи с тем, что в качестве обрабатываемой поверхности выбрана бумага, имеется ряд ограничений в части типа лазера и его мощности [2]. Проводятся эксперименты с разными способами управления лазерным лучом.

В настоящее время ведется работа по повышению точности попадания лазерного луча путем доработки конструкции лазерного модуля и программного обеспечения, управляющего лазером, оптической системой и подачей бумаги.

Литература

1. **Каюмов А.А., Мингазов Р.Р.** Разработка системы управления лазером для устройств печати // Радиотехника, электротехника и энергетика: 24-я Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тезисы докладов. – М.: ООО «Центр полиграфических услуг „Радуга“», 2018. – С. 134.

2. **Менушенков А.П., Неволин В.Н., Петровский В.Н.** Физические основы лазерной технологии: Учебное пособие. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 212 с.

*А.В. Шапкина, студ.; рук. Н.М. Скорнякова, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕЙ МАРАНГОНИ ПРИ ИСПАРЕНИИ ЖИДКОСТИ

Цель работы – визуализация вихрей Марангони, которые появляются при испарении жидкости с миллиструктурированной пластины.

Интерес к исследованию жидкости связан с её применением в различных научных и технологических процессах, например, для охлаждения микросхем, элементов атомных станций и космических аппаратов. Структура течения внутри испаряющейся жидкости может в значительной степени влиять на процессы тепло- и массообмена.

В настоящее время имеется множество оптических методов для исследования и диагностики в разных областях науки и техники [1]. Наиболее простым в реализации методом визуализации потоков является теневой фоновый метод [2]. Несколько более сложным методом, но зато позволяющим получить наглядную картину является анемометрия по изображениям частиц [3].

В результате эксперимента будут визуализированы и получены зависимости изменения уровня жидкости от времени методом прямого видеонаблюдения. Размеры вихрей Марангони, а также влияние термокапиллярной и концентрационнокапиллярной конвекции будут показаны с помощью теневого фонового метода. Будут показаны визуализации зарождения, развития и затухания вихрей в процессе испарения различных жидкостей с миллиструктурированной пластины.

Литература

1. **Оптические методы исследования потоков** / Ю. Н. Дубнищев, В. А. Арбузов, П. П. Белоусов, П. Я. Белоусов. - Новосибирск. Сибирское университетское издательство, 2003. - 450 с.
2. **Скорнякова Н.М.** Теневой фоновый метод и его применения – Современные оптические методы исследования потоков. – М.: Оверлей, 2011. – с. 93-105.
3. **Particle Image Velocimetry. A Practical Guide** / Raffel, M., Willert, C.E., Scarano, F., Kähler, C., Wereley, S.T., Kompenhans, J. Springer. 2018. ISBN 978-3-319-68852-7.

*Д.А. Кошелев, студ.; рук. Н.М. Скорнякова, к.т.н., доцент
(НИУ «МЭИ»)»*

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДИСПЕРГИРОВАННОГО ГАЗОЖИДКОСТНОГО ПОТОКА

Целью данной работы было определение геометрии струи газожидкостного потока и её основных параметров: скорости капель, угла раскрыва, зависимостей скорости капель от параметров потока.

Измерения проводились с использованием метода анемометрии по изображениям частиц (АИЧ) [1], который применяется для изучения характеристик потоков в жидкостях и газах. Этот метод позволяет получать векторное поле, соответствующее распределению скорости потока и производить его визуализацию в плоскости в некотором сечении исследуемого объема. Информацию о скорости частиц в потоке можно получить из кросскорреляционной обработки двух изображений, снятых последовательно друг за другом с малым промежутком времени между ними.

В установке используется лазерный модуль, луч которого, проходя через оптическую систему формирования излучения, преобразуется в расходящуюся плоскость лазерного излучения и засвечивает газожидкостный поток в определенном сечении. В исследуемый поток искусственно вводятся специальные сильно рассеивающие частицы (трассеры), изображение которых и наблюдается с помощью цифровой видеокамеры.

Трассерами в данном эксперименте являются сами капли потока. Высокоскоростная камера снимает засвеченный поток на затемненном фоне с большой частотой кадров. Обработка изображений позволяет рассчитать смещения частиц между двумя последовательно записанными кадрами при помощи кросскорреляционного анализа. Изображения разбиваются на расчетные области равного размера.

В результате обработки полученных фотографий было получено двумерное поле распределения скоростей частиц в засвеченной области. Построены зависимости угла раскрыва струи и скорости частиц от давления подаваемого газа и расхода жидкости.

Литература

1. Particle Image Velocimetry. A Practical Guide / Raffel, M., Willert, C.E., Scarano, F., Kähler, C., Wereley, S.T., Kompenhans, J. Springer. 2018. ISBN 978-3-319-68852-7.

Е.Д. Сангаджиева, студ.; рук. О.В. Печинская, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)
**ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ РАЗМЕРА ОБЛАСТИ
РЕЗКО ИЗОБРАЖЕМОГО ПРОСТРАНСТВА В СХЕМЕ
С НАКЛОНОМ МАТРИЦЫ**

При проведении измерений оптическими методами, например: анемометрия по изображениям частиц, метод корреляции фоновых изображений, теневой фоновый метод, не всегда возможно расположить оптическую систему таким образом, чтобы плоскости наведения, объектива и матрицы фотоприемника были параллельны друг другу и перпендикулярны оптической оси системы.

Для улучшения качества регистрируемых изображений применяют адаптеры Шаймпфлюга, позволяющие изменять наклон объектива или матрицы фотоприемника системы регистрации изображения [1]. При этом изменяется размер области кадра изображаемой резко. В работе [2] приведены схема и алгоритмы измерения области резко изображаемого пространства в зависимости от угла поворота матрицы фотоприемника.

Погрешность измерения размера области резко изображаемого пространства определяется как отклонение экспериментального значения от теоретического.

Теоретическое значение размера области изображаемой резко в зависимости от угла наблюдения рассчитывается как проекция резко изображаемой части кадра в плоскости перпендикулярной оптической оси объектива в направлении перпендикулярном оси поворота матрицы.

Основные параметры установки и режима съемки для экспериментального определения размера области резко изображаемого пространства: объектив Nikon с фокусным расстоянием 50 мм, камера Видеоскан 285USB, расстояние наведения 2150 мм, фоновый экран dot pattern, диапазон углов наблюдения $\theta = 0^\circ - 60^\circ$ с шагом 10° , угол поворота матрицы видеокамеры определяется в соответствии с принципом Шаймпфлюга.

В результате работы будут получены теоретические и экспериментальные зависимости размера области кадра, находящейся в пределах глубины резкости, как функция угла наблюдения θ в схеме с наклоном матрицы, а также распределение относительной ошибки измерений области резко изображаемого пространства в зависимости от угла наблюдения.

Литература

1. Описание измерительных установок 3D-, Stereo-PIV компании LaVision
Режим доступа: <https://www.lavision.de/en/products/flowmaster/2d-stereo-piv/index.php>, <https://www.lavision.de/de/products/flowmaster/tomographic-piv/index.php>. Дата обращения: 05.12.2018.
2. Е.Д. Сангаджиева Выпускная работа бакалавра «Влияние поворота оси объектива к оси матрицы видеокамеры на глубину резкости», М.: НИУ МЭИ, 2017.

Секция 9

ФОТОНИКА

Руководитель секции: Попов Олег Алексеевич

Секретарь секции: Старшинов Павел Валерьевич

Е.В. Ловля, студент; рук. О.А. Попов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ МОЩНОСТИ ПОТЕРЬ В ВЧ ИНДУКТОРЕ БЕСФЕРРИТНОГО ИНДУКТИВНОГО РТУТНОГО РАЗРЯДА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ В ЗАМКНУТОЙ ТРУБКЕ

Проведено исследование влияния конструктивных параметров разрядной трубки и ВЧ индуктора, частоты ВЧ поля и мощности плазмы на мощность потерь в проводе катушки и КПД ВЧ индуктора бесферритного индуктивного разряда, возбужденного в замкнутой трубке в смеси паров ртути и аргона низкого давления на частотах 1,7-5,1 МГц и мощностях 25-300 Вт. Установлено, что зависимость мощности потерь от мощности плазмы имеет минимум (рис. 1), а мощность потерь слабо зависит от давления аргона и уменьшается с увеличением частоты ВЧ поля, диаметра разрядной трубки и числа витков катушки, размещенной по “внутреннему” периметру лампы, образованному замкнутой разрядной трубкой.

Результаты исследования могут быть использованы для разработки бесферритных индуктивных источников видимого и ультрафиолетового излучения в замкнутых трубках с высоким КПД ВЧ индуктора.

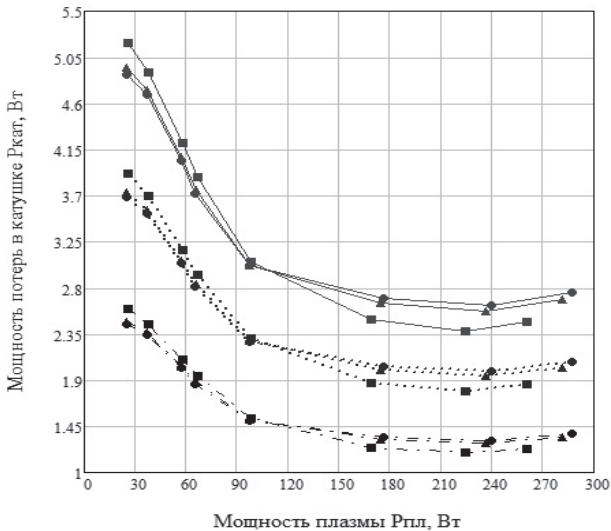


Рис. 1. Зависимость мощности потерь в проводе катушки от мощности плазмы. Диаметр трубки, $d_{тр} = 2,5$ см; число витков катушки: — 3, \cdots 4, $- \cdot -$ 6; давление аргона, торр: \bullet — 0,1; \blacktriangle — 0,3; \blacksquare — 1,0; частота ВЧ поля, $f = 5,1$ МГц.

М.В. Шумская, студ.; рук. Н.П. Елисеев, доц. (НИУ «МЭИ»)

О ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ ЦВЕТОРАЗЛИЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УПРАВЛЯЕМЫХ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ.

Появление современных светоизлучающих диодов (СД), спектр которых можно варьировать в широких пределах, делает возможным их применение в медицинских светильниках для хирургии, так как позволяють увеличивать показатель качества цветопередачи Ra, регламентированный ГОСТами на уровне не менее 85[1]. Наряду с этим существует возможность улучшения цветоразличения оперируемых тканей человеческого организма [2], что может значительно упростить работу хирургам.

С использованием разработанных в среде MatLab программ и измеренных в лаборатории спектров излучения четырехкристалльных светодиодов фирмы CREE (RGBW с холодным(WC), нейтральным(WN) и теплым(WW) белым люминофорным, цветными с λ_{max} (длиной волны максимума излучения) и $\Delta\lambda_{0.5}$ (шириной спектра на 0.5 от максимума) соответственно 632-21, 520-39, 455-23) были проведены расчеты координат цветности в системах CIE XYZ и CIE L*a*b* и оценено цветоразличение биологических тканей человека при добавлении излучения нескольких цветов к основному белому с учетом воспроизводимости характеристик каждого из кристаллов СД.

Расчеты показали, что с определенными долями красного или синего излучения цветоразличение некоторых тканей на фоне друг друга повышается до 7 порогов. Добиться такого же результата можно и одновременно с повышением Ra до значения 91 при использовании следующей комбинации излучения: 1WW + 0.39Red + 0.21Green + 0.18Blue, где коэффициенты означают долю излучения относительно белого. Однако разные фирмы производят СД с разной воспроизводимостью, поэтому необходимо оценить диапазон изменения λ_{max} и $\Delta\lambda_{0.5}$ диодов других компаний для поиска оптимального решения.

Литература

1. ГОСТ 30324.2.41-2012 (IEC 60601-2-41:2000) Изделия медицинские электрические. Часть 2-41. Частные требования безопасности к смотровым (диагностическим) и хирургическим светильникам.
2. Шумская М.В. Влияние спектральных характеристик светодиодных источников света на цветоразличение биологических тканей человека. Международная выставка декоративного и технического освещения, электротехники и автоматизации зданий: сборник докладов научно-технической конференции. – М.: Издательство МЭИ, 2018. – 216с.

И.Т. Николаева, студ.; рук. А.А. Григорьев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЯРКОСТИ АДАПТАЦИИ НА ДИАПАЗОН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОБЛАСТИ ВЕБЕРА-ФЕХНЕРА ДЛЯ РАЗНЫХ ДЛИН ВОЛН

Настоящая работа посвящена исследованию зависимости порогов зрительной системы (ЗС) от яркости адаптации для трех длин волн.

Расчетные выражения для математической модели цветового зрения получены исходя из условия, что все колбочки в сетчатке человеческого глаза работают в области Вебера-Фехнера [1]. Это следует из того, что цветность излучения в этой области не зависит от яркости. Таким образом, функция зависимости математического ожидания выходного сигнала приемника излучения от яркости будет одна для всех типов колбочек. Выполнение этого условия нуждается в экспериментальной проверке.

В ходе анализа литературных данных, было обнаружено только одно подобное исследование [2]. Авторы исследовали зависимости контрастной чувствительности от освещенности сетчатки для трех длин волн монохроматического излучения. Из представленных авторами графиков видно, что для яркостей дневного зрения контрастная чувствительность для красного, зеленого или синего света совпадает. Исследования проводились для одного наблюдателя, чего недостаточно для получения статистически значимых результатов. Таким образом, возникает потребность проведения экспериментальных исследований пороговых характеристик ЗС на монохроматических фонах. Для проведения экспериментов была разработана установка, состоящая из двух каналов – объекта и фона.

Методика эксперимента состоит в получении психофизическим методом минимальных изменений порогов обнаружения двухградусного объекта на монохроматических фонах. Длины волн монохроматических объекта и фона, соответственно, совпадают. Исследование проводилось для длин волн трех основных цветов (красный, зеленый, синий). Для получения статистически значимых результатов, число наблюдателей, участвующих в эксперименте составляло 5 человек.

Литература

1. **Гордюхина, С. С.** Разработка методики определения удельных координат цвета физиологической системы: 05.09.07 - "Светотехника": диссертация кандидата технических наук / С. С. Гордюхина, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). – М., 2011. – 193 с.
2. **Floris L. Van Nes and Maarten A. Bouman.** Spatial Modulation Transfer in the Human Eye // J. Opt. Soc. Am. 57, 401-406 (1967)

*П.В. Старшинов, аспирант, В.Н. Васина, магистр;
рук. О.А. Попов, д.т.н., проф.(НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БЕСФЕРРИТНОЙ ИНДУКТИВНОЙ РТУТНОЙ УФ-ЛАМПЫ В ЗАМКНУТОЙ ТРУБКЕ

Проведено экспериментальное исследование электрических и излучательных характеристик ртутного бесферритного индуктивного разряда в лампе, образованной замкнутой кварцевой трубкой с внутренним диаметром $d_{\text{вн}} = 25$ мм и длиной 1040 мм. Разряд возбуждался на частоте 1,7 МГц в смеси паров ртути ($\sim 10^{-2}$ мм рт. ст.) и аргона (1,0 мм рт.ст.) с помощью 3-х витковой индуктивной катушки, размещенной по “внутреннему” периметру лампы. Измерения, проведенные в интервале мощности плазмы $P_{\text{pl}} = 52 - 112$ Вт, показали, что поток УФ излучения лампы на длине волны 254 нм, Φ , и КПД генерации УФ излучения плазмы, $\eta_{\text{pl}} = \Phi/P_{\text{pl}}$, монотонно возрастают с увеличением мощности плазмы (рис. 1).

Мощность потерь в проводе катушки и рассчитанная в рамках трансформаторной модели индукционного разряда напряженность ВЧ электрического поля в плазме минимальны, а КПД генерации УФ излучения лампы на длине волны 254 нм, $\eta_{\text{lamp}} = \Phi/P_{\text{lamp}}$, максимальна на мощности плазмы, $P_{\text{pl}} = 85-90$ Вт.

Результаты исследования могут быть использованы для разработки эффективных бесферритных индуктивных источников УФ излучения.

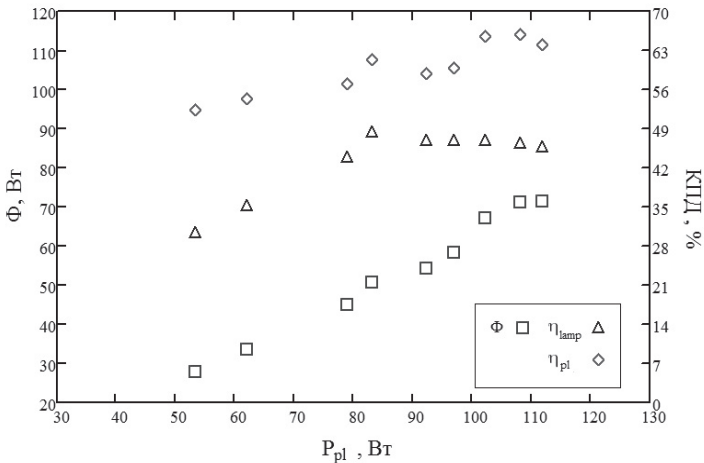


Рис. 1. Зависимости потока УФ излучения ($\lambda = 254$ нм) лампы, Φ , и КПД генерации УФ излучения лампы и плазмы, η_{lamp} и η_{pl} , от мощности плазмы P_{pl} .

А.С.Аверьянова, студ.; рук. И.А. Михайлова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ МОНОХРОМАТИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ФОТОДИОДОВ НА ОСНОВЕ ВЫСОКООМНОГО КРЕМНИЯ

В работе представлено исследование в области твердотельной электроники, предмет которой состоит в создании и изучении твердотельных приборов, преобразующих оптические сигналы в электрические, а также физических механизмов их работы. Рассматриваемый кремниевый рpн-фотодиод относится к области полупроводниковых приборов, чувствительных к излучению с длиной волны 1,06 мкм, и предназначен для использования в электронно-оптической аппаратуре, в которой требуется регистрация коротких импульсов лазерного излучения. Принцип действия кремниевого рpн-фотодиода основан на разделении дырок и электронов в п- и р- областях, вследствие чего образуется ЭДС и заряд; такой тип фотодиода только преобразует свет в электрический ток, но не усиливает его.

Цель работы – повышение монохроматической чувствительности кремниевого фотодиода. Физические и оптические свойства фотодиодов важны для обнаружения слабого оптического сигнала в различных типах высокоточного ракетного и артиллерийского оружия с управлением по лазерному лучу. В работе приведены методики и схемы экспериментальных установок по измерению параметров пленок и фотодиодов, фотоэлектрических характеристик фотоприемного устройства (чувствительность на рабочей длине волны при разных напряжениях и температурах).

Для увеличения уровня чувствительности фотодиода необходимо уменьшить потери на отражение излучения от фоточувствительной области прибора, что достигается с помощью просветляющего покрытия. Рассмотрены и изучены несколько вариантов конструкций системы просветляющего покрытия. На изготовленных фотодиодах измерена монохроматическая импульсная чувствительность S_{λ} к излучению с длиной волны 1,06 мкм. В экспериментальной части работы обосновано, что просветляющее покрытие приводит к повышению уровня монохроматической импульсной чувствительности к длине волны 1,06 мкм и к увеличению процента выхода годных образцов. В продолжение исследований планируется изготовление новой серии образцов покрытий, контроль параметров пленок и анализ результатов.

Литература

1.А.С. Дмитриев, И.А. Михайлова, Физико-химия наноструктур. Изд-во МЭИ, 2013. – 240 стр.

2.А.М. Филачев, И.И.Трубкин, М.А.Трищенко. Твердотельная фотоэлектроника. Физические основы. Изд-во Физматкнига, 2005. –384 стр.

*Д.Г.Грачёв, студ.; рук-ли Л.Г.Новиковский, к.т.н., В.П.Будак, д.т.н.,
проф. (НИУ «МЭИ»)*

СТАБИЛИЗАЦИЯ СВЕТОТЕНЕВОЙ ГРАНИЦЫ ДВУХКОЛЁСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Несмотря на 130 лет, прошедших с изобретения мотоцикла, до сих пор не решена проблема, связанная с фарой, установленной на его рулевой вилке [1] – при выполнении поворотов из-за естественного наклона мотоцикла фара наклоняется практически на тот же угол. При любом манёвре водитель теряет видимость в направлении движения. К тому же, при выполнении правого поворота происходит ослепление водителей встречных транспортных средств, что превращает тривиальный манёвр в критическую с точки зрения безопасности ситуацию.

Решение проблемы, на первый взгляд, очевидно – необходимо стабилизировать положение светового пучка в зависимости от динамических воздействий, возникающих в процессе выполнения поворота. На сегодняшний день уже разработано несколько способов стабилизации светового пучка, которые принципиально отличаются друг от друга. Анализ существующих решений показал, что каждое из них имеет серьёзные недостатки, которые не позволяют перейти от изготовления опытного образца к серийному производству.

Использование в качестве источника излучения кластера светодиодов позволяет иначе подойти к решению поставленной задачи. Отсутствие поворотных механизмов обеспечивает надёжность конструкции и устраняет проблему низкой энергоэффективности системы. Но самым важным остаётся тот факт, что правила и нормы ЕЭК ООН к осветительным приборам двухколёсных транспортных средств гораздо более требовательны, нежели американские (FMVSS/CMVSS). Это накладывает серьёзные ограничения на конструкцию осветительного устройства. Поэтому, несмотря на большое количество очевидных преимуществ, основным из которых является идея сегментирования окружающего пространства, следует очень серьёзно относиться к светотехническим параметрам светового пучка, излучаемого фарой. Анализ результатов расчёта светораспределения, формируемого различными модификациями оптической системы, выполненного в программном комплексе TracePro, показал, что задача стабилизации светового пучка двухколёсных транспортных средств по углу крена решаема и в полной мере удовлетворяет требованиям ЕЭК ООН.

Литература

1. **Novakovsky L.G, Koroleva Y.E.** Headlamps with fiber-optic image converters. 6th International Symposium on Automotive Lighting, 2005.

*В.А. Рыбина, асп.; рук-ли Г.В. Боос, к.т.н.; А.А. Григорьев, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

ПОПРАВКА НА СЛУЧАЙНЫЙ УСПЕХ ПРИ НАЛИЧИИ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ВЫБОРА

При обработке результатов экспериментов по обнаружению объекта на фоне методом постоянных стимулов и наличии принудительного выбора необходимо вводить «поправку на случайный успех». Исходя из теории высокого порога зрительной системы человека, экспериментально измеренные вероятности обнаружения объекта и ложных тревог определяются выражениями:

$$P_{об}^3 = P_{об} + P_{cy} \cdot P_{н1}; \quad (1)$$

$$P_{лм}^3 = P_{лм} + P_{cy} \cdot P_{н2}; \quad (2)$$

где $P_{об}$ и $P_{лм}$ – вероятности, полученные за счет сенсорной информации; P_{cy} – вероятность случайного угадывания; $P_{н1}$ – вероятность того, что наблюдается случайное угадывание при обнаружении объекта; $P_{н2}$ – аналог $P_{н1}$, но при обнаружении фона;

Согласно Х. Блеквеллу, наблюдатель использует случайное угадывание в том случае, когда не обнаруживает объект за счет сенсорной информации ($P_{н1}=1-P_{об}$) и во всех случаях предъявлении фона ($P_{н2}=1$). Получается следующее выражение для «поправки на случайный успех»:

$$P_{об}^3 = \frac{P_{об}^3 - P_{лм}^3}{1 - P_{лм}^3}; \quad (3)$$

Согласно статистической модели, наблюдатель дает ответ о наличии объекта если $\Lambda \geq \Lambda_n$ и о наличии фона, если $\Lambda \leq 1/\Lambda_n$. К случайному угадыванию он прибегает в следующих случаях:

$$P_{н1} = P \left[\frac{1}{\Lambda_n} < \Lambda < \Lambda_n / S \right] \approx P[\Lambda < \Lambda_n / S] = 1 - P_{об}, \quad (4)$$

$$P_{н2} = P \left[\frac{1}{\Lambda_n} < \Lambda_1 < \Lambda_n / 0 \right] \approx P[\Lambda_1 < \Lambda_n / 0] \approx P[\Lambda < \Lambda_n / S] = 1 - P_{об}. \quad (5)$$

Подстановка (4) и (5) в (1) и (2) дает новое выражение для «поправки на случайный успех»:

$$P_{об}^3 = P_{об}^3 - P_{лм}^3. \quad (6)$$

Расчеты по выражению (6) дают значения пороговых контрастов в среднем на 14% больше, чем при использовании формулы (3) Х. Блеквелла.

*А.Ю. Басов, асп.; рук. В.П. Будак, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОТРАЖЕНИЯ

Моделирование отражения необходимо при светотехнических расчётах, при исследовании поверхности земли, океанов. В большинстве случаев процессы, происходящие в объёме, не учитываются. Однако в компьютерной графике доказано, что это крайне необходимо. Целью настоящей работы было создание универсальной модели отражения, которая могла бы с высокой точностью проводить расчёты для различных типов слоёв.

Модель базируется на уравнении переноса излучения, численный метод решения которого нас и интересует. Основная идея заключается в представлении решения в виде суммы анизотропной и изотропной части, так как дискретизация невозможна при наличии острой части в решении. Острая часть выражается аналитически. Регулярная часть решения находится по уравнению, которое имеет матричную форму. Такая модель является наиболее общей. Реальные среды чаще всего являются многослойными и обладают границами, что необходимо учесть для создания полной модели.

Если система является многослойной, то излучение, выходящее из одного слоя, является излучением, входящим в другой слой, что и является условием на границе двух слоёв. Оказалось, что решение в матричной форме инвариантно относительно решения для одного слоя. Таким образом, моделирование отражения в многослойных системах не представляет труда.

Две особенности, которые удалось реализовать в модели, - наличие диффузно отражающей нижней границы и верхней границы, отражающей зеркально (по закону Френеля). Эти особенности могут быть характерными для таких сред как асфальтобетон, лакокрасочные покрытия и др. При рассмотрении отражения от нижней границы изменения в решении коснутся только нулевой гармоники. При наличии верхней границы, отражающей по закону Френеля, необходимо разбить интеграл рассеяния на три зоны, что связано с наличием эффекта внутреннего отражения.

Модель была реализована в среде MatLab. Была достигнута высокая скорость расчёта. Изменение параметров среды и границ в модели реализуется без проблем. Результаты моделирования качественно совпадают с ожидаемыми результатами. В дальнейшем планируется усовершенствовать модель – сделать её более универсальной и соответствующей реальности – добавить случайно неровную верхнюю границу и учесть поляризацию.

*А.А. Пентелейчук, студ.; рук. Пеньков А.А., д.т.н., доц.
(Филиал МЭИ в г. Смоленске)*

ДИНАМИЧЕСКИЙ ОТРАЖАТЕЛЬ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОХРОМНОГО МАТЕРИАЛА

В последнее десятилетие наблюдается рост интереса к электрохромным устройствам (ЭХУ). Они представляют собой особую конструкцию с возможностью регулирования таких параметров, как оптические характеристики, с помощью электрических сигналов, в зависимости от введенного заряда [1]. Как ожидается, такая тенденция будет продолжаться и в следующем столетии ЭХУ будут доступны для применения в широком спектре продукции.

Разработка динамического отражателя нацелена в первую очередь на применение в сфере специального освещения. Требования, представленные к разрабатываемому устройству, представлены ниже:

- питание от переменного напряжения 110В;
- высокий процент отражения;
- осуществления связи с пультом управления.

На рис. 1 приведено строение динамического отражателя, имеющего форму шара с гранями, каждая из которых выполнена из ЭХУ с покрытием отражающего свойства [2]. Таким образом, разрабатываемое устройство имеет высокую адаптивность, практически полностью отвечающую базовым требованиям, предъявляемым к изделиям подобного типа, и потенциально является частью осветительной системы.

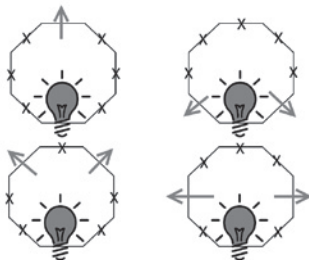


Рисунок 1 Схематическое строение динамического отражателя

Литература

1. **Exarkhos G.J., Zhou X.-D.** // Thin Solid Films. 2007. P. 515-521
2. **Monk P.M.S., Mortimer R.J., Rosseinsky D.R.** // Electrochromism and Electrochromic devices – Cambridge University Press, New York. 2007.

*И.С. Курдумяков, студ., Н.Н. Строев, к.т.н., доц.
(Филиал «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОВЕРКИ НАПОЛНЕННОСТИ ГЕЛИЕМ КОЛБЫ ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ ФИЛАМЕНТНЫХ ЛАМП

В настоящее время на светотехническом рынке России представлен широкий спектр световых приборов бытового назначения со стандартными цоколями E27 и E14, созданных с использованием различных технологий: лампы накаливания, компактные люминесцентные лампы, светодиодные лампы, светодиодные филаментные лампы [1].

При производстве светодиодных ламп часто сталкиваются с проблемой теплоотвода, данная проблема значительно сокращает срок службы ламп. Для традиционных светодиодных ламп в конструкции предусмотрен радиатор, обеспечивающий отвод тепла от светодиодной сборки и источника питания, но для филаментных светодиодных ламп из-за своей конструкции нет возможности применения радиатора, как в традиционных светодиодных лампах. В таком случае применяется наполнение колбы лампы гелием для обеспечения отвода тепла от филаментов и обеспечения рабочего температурного режима. Отсюда следует проблема натекания воздуха в колбу. Для проверки на натекание люминесцентных, неоновых ламп используют генератор Тесла, при поднесении лампы содержащий аргон или неон, газ в лампах начинает светиться. В филаментной лампе колба наполнена специальным газом, обладающим высокой теплопроводностью. Именно через газ и осуществляется отвод тепла от светодиодов. Этим газом является гелий, который не имеет цвета, а значит просто поднеся филаментную лампу к генератору Тесла не удастся проверить качество заполнения колбы гелием.

Разрабатываемое устройство поможет в отслеживании натекания филаментных ламп, что улучшит качество изготавливаемой продукции. Особенностью данной разработки будет являться возможность внедрения разрабатываемого устройства в действующие сборочные линии.

Литература

1. **И. Е. Доброзраков, А. И. Лычагин** Некоторые вопросы разработки и изготовления филаментных ламп в ГУП РМ «Лисма» и их технические характеристики // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики. – 2015. – С. 311-314.

А.И. Гусева, студ.; рук. Будак В.П., д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ТЕСТИРОВАНИЕ ЦВЕТОВЫХ МОДЕЛЕЙ CIECAM02 И CIELAB

Разработана программа преобразования изображений на основе цветowych моделей CIECAM02 и CIELAB (Рис.1).

Основной источник восприятия информации в современном мире являются визуализации. Однако, одна из главных проблем, с точки зрения визуальной, что восприятие слишком неоднородно. Зачастую при сравнении с реальным объектом изображение на экране компьютера воспринимается нереалистичным [1].

Что бы ответить на вопрос: какая модель справляется лучше с заданной проблемой, необходимо протестировать эти модели и поставить психофизический эксперимент. Конечной целью такого эксперимента является решение вопроса о пригодности данных моделей.

Для объективной оценки различий необходимо рассматривание изображений, рассчитанных с помощью различных, исследуемых моделей.

Наша задача – создание программы преобразования между разными цветовыми пространствами.

Программа осуществляет пересчёт в выбранную систему (CIELAB или CIECAM02), используя данные о цвете и яркостях объекта и фона, т.к. для дальнейшей работы необходимо знать координаты цвета пикселей картинки в системе XYZ, производится обратный пересчёт изображения, но уже с требуемыми параметрами яркости сцены.

Реалистичность воспроизведения изображения характеризуется степенью отклонения рассматриваемого изображения от некоторого эталона, в нашем случае с реальным объектом.

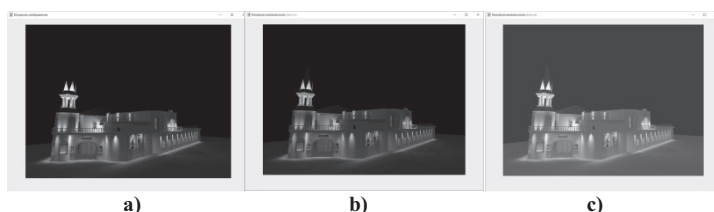


Рис.1 Преобразование изображения: а) Оригинальное изображение б) изображение, преобразованное с помощью CIELAB в) изображение, преобразованное с помощью CIECAM02

Литература:

1. **Fairchild M.D.** Color appearance models, 2nd Ed. – Chichester, UK: Wiley-IS&T, 2004.

А. В. Гримайло, студент; рук. В. П. Будак, д. т. н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**АЛГОРИТМ РАСЧЕТА В СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ОТРАЖЕНИЯ СВЕТА С УЧЕТОМ ПОЛЯРИЗАЦИИ**

Все существующие программы моделирования светораспределения (в том числе ставшие стандартом отрасли DIALux и Relux) не учитывают поляризацию при расчетах. В [1] было показано, что отличие результатов, полученных с учетом поляризации и без него, может составлять более 30%. Однако в [1] при моделировании использовалось допущение, что поверхности сцены отражают диффузно. В действительности это не так.

В связи с этим в [2] предложена стохастическая модель отражения света от поверхности с учетом поляризации на основе плоскопараллельного рассеивающего слоя с диффузной подложкой и случ. неровной френелевской границей. При этом появляется необходимость в решении краевой задачи вект. уравнения переноса излучения (ВУПИ) [2], которая в общем виде не имеет аналит. решения. Поэтому, чтобы решить данную задачу, необходимо моделировать перенос излучения по предлагаемому ниже алгоритму:

Шаг 1. Розыгрыш начальной точки, направления луча и вектора Стокса.

Шаг 2. Моделирование длины свободного пробега, определение координат точки рассеяния и проверка на вылет из рассеивающего слоя или попадание в подложку.

Шаг 3. Определение нового направления луча после рассеяния.

Шаг 4. Моделирование рассеяния (или отражения от подложки).

Шаг 5. Вычисление ядра ВУПИ и накопление локальной оценки в расчетных точках

Шаг 6. Возвращение к шагу 2.

Моделирование прекращается при вылете луча за пределы слоя или при достижении весом луча пренебрежимо малой величины.

В данном алгоритме используются локальные оценки метода Монте-Карло, что позволит существенно ускорить расчеты. Поэтому он будет использоваться в дальнейшем при развитии указанной выше модели отражения света.

Литература

1. Будак В. П., Гримайло А. В. Влияние учета поляризации света на результат при расчете многократных отражений // GraphiCon 2018: труды 28-й Междунар. конф. по компьютерной графике и машинному зрению Томск, 24–27 сент., 2018 г.) / Нац. исслед. Том. политехн. ун-т. — Томск, 2018. — 511 с.

2. Будак В. П., Гримайло А. В. Стохастическая модель отражения света от поверхности с учетом поляризации // Международная выставка декоративного и технического освещения, электротехники и автоматизации зданий: сборник докладов научно-технической конференции. — М. Издательство МЭИ, 2018. — 216 с.

Секция 10

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Руководитель секции: Панфилов Дмитрий Иванович

Секретарь секции: Серегин Дмитрий Андреевич

А.М. Крутов, студ.; рук. Д.А. Серёгин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ
ПОВЫШАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

Использование принципов нечёткой логики - один из передовых методов в построении систем управления в различных областях техники благодаря возможности работы в системах с малым объёмом информации о регулируемом объекте [1].

В данной работе проводится исследование эффективности применения нечёткой логики для управления силовыми преобразователями на примере системы стабилизации напряжения нагрузки преобразователя 2-го рода мощностью 1кВт, работающего как в режиме непрерывного, так и в режиме прерывистого тока.

В качестве входных данных, подаваемых на регулятор, были выбраны: сигнал ошибки (ϵ), равный разности напряжения на выходе преобразователя и его уставки; скорость изменения сигнала ошибки (ϵ').

Функции принадлежности входных нечетких множеств для нашей системы задаём следующими лингвистическими переменными:

- ошибка больше нуля;
- ошибка меньше нуля;
- ошибка близка к нулю;
- скорость изменения ошибки больше нуля;
- скорость изменения ошибки меньше нуля.

На выходе регулятора получаем сигнал управления силовым ключом преобразователя с коэффициентом заполнения, определяющим время проводящего состояния ключа. Функции принадлежности выходных нечетких множеств:

- большое положительное изменение коэффициента заполнения;
- маленькое положительное;
- большое отрицательное;
- маленькое отрицательное.

Работа данного регулятора была смоделирована в среде Matlab Simulink. Результаты моделирования показали эффективность регулирования при значительном изменении напряжения питания и нагрузки.

Литература

1. **Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В., Кваснюк А.А.**, Силовая электроника. Учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007.

Е.М. Духнич, асп.; рук. П.А. Воронин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**SPICE-МОДЕЛЬ ТРЕХУРОВНЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ
НА БАЗОВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ С КАСКОДНЫМ
УПРАВЛЕНИЕМ**

В настоящее время актуальной является проблема повышения качества выходного синусоидального напряжения автономных инверторов при сохранении их высокой энергоэффективности, что особенно актуально в мощной высоковольтной преобразовательной технике.

Одним из методов улучшения гармонического состава выходного напряжения автономных инверторов является применение многоуровневых преобразователей. Существует несколько топологий схем, позволяющих сформировать многоуровневый сигнал выходного напряжения. К ним относятся каскадное соединение двухуровневых мостовых инверторов, трехуровневый инвертор с навесными конденсаторами и трехуровневый инвертор с фиксирующими диодами и фиксацией средней точки. Однако наименьшими потерями среди них обладает схема с фиксирующими диодами [1].

Для дополнительного снижения статических и динамических потерь предлагается в качестве силовых ключей трехуровневого преобразователя использовать базовые элементы, представляющие собой последовательное соединение двух тиристоров с электростатическим управлением (ТЭУ) с низковольтным МОП-транзистором. Причем нижний ТЭУ управляется по каскадному принципу МОП-транзистором, стоящим в цепи его истока, а верхний ТЭУ аналогичным образом управляется нижним ТЭУ [2]. В результате базовый элемент управляется одним низковольтным МОП-транзистором. Предлагаемый базовый элемент обладает повышенной энергоэффективностью по сравнению с IGBT и двухоперационными тиристорами. При этом в трехуровневом преобразователе на базовых элементах осуществляется фиксация не только выходных потенциалов, как в классических трехуровневых схемах, но и входных потенциалов ключей.

Для проверки аналитической модели, описывающей поведение трехуровневого инвертора на предлагаемых базовых элементах, предлагается Spice-модель инвертора, в которой реализован алгоритм формирования выходного синусоидального напряжения.

Литература

1. **Krug D.** Comparison of state-of-the-art voltage source converter topologies for medium voltage applications / S. Bernet, S. Dieckerhoff // 38th IAS Annual Meeting on Conference Record of the Industry Applications Conference. 2003. Vol.1.

2. **Воронин П.А.,** Воронин И.П., Духнич Е.М., Печейкина М.А. Базовый элемент высоковольтного ключевого устройства // Патент России № 177625. 2018. Бюл. №7.

М.И. Петров, асп.; рук-ли П.А. Рашитов, к.т.н., доц.; Д.И. Панфилов, д.т.н., проф., (НИУ «МЭИ»)

СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ В СВОЕМ СОСТАВЕ ВОЛЬТОДОБАВОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР.

В настоящее время задачи регулирования и стабилизации напряжения приобретают большую значимость. Данная тенденция обуславливается ростом числа различных видов нагрузок промышленного и бытового сектора. Линии электропередачи в России в своем большинстве спроектированы по нормам актуальным десятилетия назад, что характеризует низкое качество электроэнергии, поставляемой потребителям. Решением поддержания качества электроэнергии, в рамках, нормируемых ГОСТом, занимается ряд устройств силовой и преобразовательной техники, к которым относятся регуляторы переменного напряжения.

Применение данного класса устройств позволяет поддерживать высокое качество поставляемой потребителям электроэнергии, симметрировать напряжение фаз, компенсировать реактивную мощность, регулировать уровень напряжения на нагрузке, повышать пропускную способность распределительных сетей.

В исследовании рассматриваются способы построения регуляторов переменного напряжения на основе применения вольтодобавочного трансформатора, содержащего в своем составе шунтовую и серийную сторону. За счет определенного включения обмоток вольтодобавочного трансформатора возможно получить различные топологии построения регуляторов переменного напряжения. Принцип регулирования напряжения основан на продольной вставке вольтодобавочного напряжения различного знака в линию электропередачи. Вольтодобавочное напряжение возможно сформировать за счет отбора мощности от источника питания или от нагрузки. В работе приведен расчет аналитических выражений основных электрических величин регулятора переменного напряжения. Произведен сравнительный анализ исследуемых топологий на основе полученных выражений. Показаны энергетические показатели устройства при различных способах его построения.

Исследование выполнено в рамках прикладного проекта "Разработка и экспериментальная апробация технических решений по созданию автономных полупроводниковых управляющих устройств продольной компенсации для повышения надёжности воздушных линий электропередачи (RFMEFI57417X0140)" с финансовой поддержкой Министерства образования и науки Российской Федерации.

*Г.В.Рощупкин, асп.; М.А.Новиков к.т.н.; рук. Д.А.Шевцов д.т.н., проф.
МАИ, г.Москва*

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАНИЦ ПРИМЕНИМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ КЛЮЧАМИ В КОРРЕКТОРЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Применение корректоров коэффициента мощности (ККМ) в различных электроустановках обусловлено требованиями по электромагнитной совместимости (МЭК IЕ-1000-3-2). При этом существует три основных режима работы ККМ: режим непрерывного тока, режим граничного тока и режим прерывистого тока. Режим прерывистого тока не используется для реализации ККМ по той причине, что при таком режиме работы потребляемый ток имеет недопустимый гармонический состав. Режим непрерывного тока и режим граничного тока получили широкое применение. При разработке ККМ существует необходимость выбора одного из этих режимов работы, при этом необходимо учитывать достоинства и недостатки каждого из них с целью выбора наиболее подходящего режима работы для конкретной области применения. Основными критериями выбора чаще всего являются: номинальная мощность, частота коммутации, масса – габариты реактивных элементов, коэффициент полезного действия и коэффициент мощности потребляемого тока.

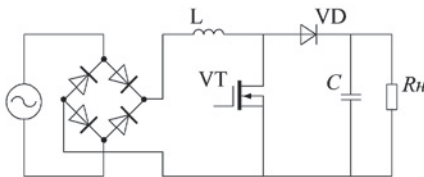


Рис. 1. Структурная схема однофазного ККМ.

В работе рассматривается классическая схема однофазного ККМ с частотой сети 50 Гц. В работе проведен анализ непрерывного и граничного режимов работы ККМ. Проведено сравнение режимов работы по следующим параметрам: гармонический состав потребляемого тока, динамические потери в компонентах схемы, масса- габариты фильтрующих реактивных компонентов, при одинаковом значении потребляемой мощности и частотой коммутации.

Разработана аналитическая модель, описывающая зависимость массогабаритных размеров реактивных компонентов схемы, коэффициента потребляемой мощности и коэффициента полезного действия схемы при различных алгоритмах работы.

*Ю. А. Демьянова, студ.; В.А. Иванов, студ.
рук. С. П. Астахов, к.т.н., доц.;*
(филиал ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ" в г. Смоленске, г. Смоленск)

ЗАРЯДКА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ОТ НЕСКОЛЬКИХ НЕЗАВИСИМЫХ ИСТОЧНИКОВ

Аккумуляторные батареи присутствуют в составе многих современных устройств. Кроме того, с их помощью обеспечивается резервное питание различных объектов. Зарядка аккумуляторной батареи осуществляется с помощью специального устройства – контроллера заряда.

При зарядке аккумуляторных батарей проблемы с контроллером могут привести к следующим случаям:

- аккумуляторная батарея разряжается практически до нуля;
- аккумуляторная батарея заряжается током значительно больше или значительно меньше её оптимального тока заряда;
- после полной зарядки аккумуляторной батареи не отключается от сети.

Также не всегда есть возможность выполнить заряд аккумуляторной батареи от нескольких независимых источников. Однако, часто может быть целесообразно заряжать аккумуляторную батарею от нескольких маломощных источников, например при использовании альтернативных источников электроэнергии.

Для решения данных проблем предлагается создать устройство, выполняющее следующие функции:

- суммирование энергии, поступающей от нескольких независимых источников;
- установка оптимального тока заряда аккумуляторной батареи;
- отслеживание параметров аккумуляторной батареи;
- прекращение заряда аккумуляторной батареи при достижении необходимого уровня заряда.

Для того, чтобы устройство выполняло все заданные функции, ему потребуются: повышающие преобразователи для каждого независимого источника, микросхема, позволяющая отслеживать параметры аккумуляторной батареи, микросхема, позволяющая управлять зарядом аккумуляторной батареи и микроконтроллер, который будет управлять работой микросхем.

Применение такого устройства позволит заряжать аккумуляторную батарею от нескольких маломощных источников электроэнергии, значительно снизить скорость износа аккумуляторной батареи и своевременно получать информацию о степени изношенности аккумуляторной батареи, чтобы принять меры по её замене.

В.И. Антоненков, И.А. Болобин, Д.А. Гаврилов, студ.; рук. С.В. Дроздецкий, асс. (Филиал МЭИ в г. Смоленске)

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗМОСТОВОГО ККМ В РЕЖИМЕ ПРЕРЫВИСТОГО ТОКА ДРОССЕЛЯ

Современные преобразователи, в которых не предусмотрена коррекция коэффициента мощности, обладают рядом недостатков [2]. Одним из таких недостатков является то, что потребляемый ток имеет форму короткого импульса достаточно большой амплитуды. Этот недостаток имеет ряд нежелательных последствий: уменьшение значения коэффициента мощности, дополнительный нагрев проводов и др.

Большая часть перечисленных недостатков исключается посредством применения преобразователей с коррекцией коэффициента мощности.

Одним из распространённых силовых контуров является последовательно-параллельный преобразователь [1].

Последовательно-параллельный преобразователь с диодным мостом имеет сложную структуру помехоподавляющего входного фильтра, обусловленную отсутствием общей точки входного и выходного напряжений. Данная проблема решается путём исключения из схемы одного диода, в результате чего получается улучшенная схема преобразователя (рис. 1).

Силовой контур, изображённый на рис. 1, при работе в РПТ, обладает отличной возможностью самокоррекции, следовательно, при реализации системы управления можно исключить токовый контур (контур обратной связи для формирования близкого к синусоидальному входного тока).

Данный преобразователь и его усовершенствование представляют интерес для дальнейших исследований.

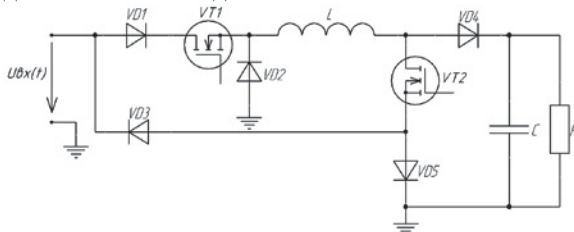


Рис. 1. Схема однофазного безмостового корректора коэффициента мощности

Литература

1. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. – М.: Техносфера, 2011. – 632 с.
2. Семёнов Б.Ю. Силовая электроника: профессиональные решения. — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2011. – 416 с.

*В.И. Антоненков, И.А. Болобин, студ.; рук. С.В. Дроздецкий, асс.
(Филиал МЭИ в г. Смоленске)*

ПОСТРОЕНИЕ НЕПРЕРЫВНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

При работе с корректорами коэффициента мощности (ККМ) основной задачей является синтез системы управления (СУ) [1]. СУ исследуемого преобразователя состоит только из контура стабилизации выходного напряжения, который должен иметь узкую полосу пропускания, что позволяет избежать искажения формы потребляемого тока.

Для решения вопросов устойчивости необходимо построить непрерывную модель исследуемого преобразователя (рис. 1) [2]. Для построения непрерывной нелинейной модели в Matlab/Simulink использовалась система уравнений в которой верхнее уравнение описывало воздействие зависимых источников напряжений на дроссель, а нижнее — воздействие зависимого источника тока на конденсатор и нагрузку:

$$\begin{cases} d_1 \cdot u_{ex} = L \frac{di_L}{dt} - d_1 \cdot u_C + \frac{2L}{T} \cdot \frac{i_L \cdot u_C}{u_{ex} \cdot d_1}; \\ i_L - \frac{u_{ex} \cdot T \cdot d_1^2}{2L} = C \frac{du_C}{dt} + \frac{1}{R} \cdot u_C, \end{cases} \quad (1)$$

где d_1 — относительная длительность интервала импульса [2].

Представленная на рис. 1 непрерывная модель может быть использована для построения частотных характеристик силового контура и проведения дальнейшей линеаризации модели.

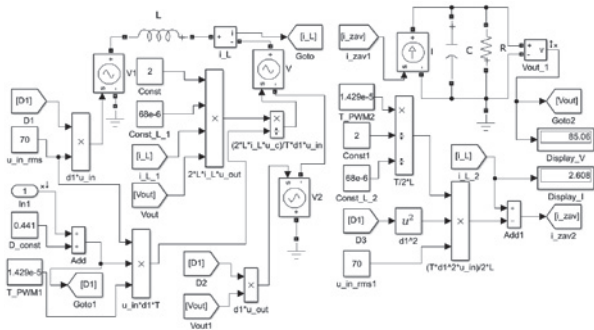


Рис. 1. Непрерывная нелинейная модель безмостового ККМ в РПТ

Литература

1. **Мелешин В.И.** Транзисторная преобразовательная техника. — М.: Техносфера, 2011. — 632 с.
2. **Ф. Чаки, И. Герман, И. Ипшич.** Силовая электроника: Примеры и расчёты — М.: Энергоиздат, 1982.

*К.А. Зинченко, студ., С.А. Амелин, рук., к.т.н., доц.
(Филиал «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

НЕОБХОДИМАЯ ПЕРИФЕРИЯ СОВРЕМЕННЫХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ПОВОРОТНЫХ УСТРОЙСТВ

По мере развития технологий, в частности в области микроконтроллерной техники, в последнее время появилось множество реализаций опорно-поворотных устройств и блоков управления опорно-поворотными устройствами антенн и антенных систем.

В большинстве случаев заказчик выдвигает специфические требования к таким видам устройств, которые направлены исключительно на удовлетворения потребностей заказчика в рамках разрабатываемого устройства. Поэтому, помимо «основной» части устройства (микроконтроллера, драйверов шагового двигателя, блока питания), наличие которой, как правило, является неизменной, периферия (части устройства и внешне подключаемые устройства, которые не являются обязательными) может варьироваться, в зависимости от персональных требований заказчика.

Требования, предъявляемые к периферии разрабатываемого устройства.

- осуществления связи с ПЭВМ через интерфейс Ethernet;
- возможность с высокой точностью отслеживать изменения положения относительно нулевых координат;
- осуществления связи с пультом управления;
- возможность работы в различных климатических условиях;
- осуществление безопасной работы, как в «рабочем» режиме, так и «аварийном».
- осуществление питания от сети в 24 вольта.

Таким образом, разрабатываемое устройство имеет обширную периферию, практически полностью отвечающую базовым требованиям, предъявляемым к изделиям подобного типа, и потенциально является частью антенно-фидерной системы.

Однако устройство не имеет специфических особенностей и может применяться в любой сфере, где необходимо использование опорно-поворотного устройства.

Литература

1. **Зинченко К.А., Амелин С.А.** Периферия современных блоков управления опорно-поворотных устройств // ЭНЕРГЕТИКА, ИНФОРМАТИКА, ИННОВАЦИИ – 2018 (микроэлектроника и оплотехника). Сб. трудов VIII -ой Межд. науч.-техн. конф. Т 2. – Смоленск «Универсум», 2018. – С. 11-13.

*К.А. Зинченко, студ., С.А. Амелин, рук., к.т.н., доц.
(Филиал «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ БИПОЛЯРНОГО ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ К МИКРОКОНТРОЛЛЕРУ

Шаговый двигатель это бесколлекторный синхронный двигатель, ротор которого совершает дискретные перемещения (шаги) определенной величины с фиксацией положения ротора в конце каждого шага. Изменение положения ротора, его перемещение, происходит шагами известной величины. Таким образом, подсчитав количество совершенных им шагов, можно узнать, насколько изменилось положение ротора относительно первичного положения, следовательно, возможно вычислить его абсолютную позицию.

Объединяя в себе двигатель и позиционирующее устройство без обратной связи, шаговый двигатель является идеальным приводом в промышленном оборудовании, станках с ЧПУ, робототехнике и многих других отраслях.

В настоящее время существует достаточно большое количество способов управления шаговыми двигателями, одна наибольшей популярностью пользуются несколько способов подключения шаговых двигателей к микроконтроллеру:

- H-мост (на транзисторах);
- драйвер мостовых ключей L298N;
- контроллер шагового двигателя DRV8711.

Использование контроллеров шаговых двигателей является более технологичным способом и позволяет использовать шаговый биполярный двигатель в микрошаговом режиме работы, что, соответственно, расширяет сферы применения шаговых биполярных двигателей. Помимо таких функций как: выбор режима шага, направления движения, прием данных из микроконтроллера и т.д., контроллеры шаговых двигателей имеют функции направленные на обеспечение безопасности. Для обеспечения максимальной токовой защиты, защиты от короткого замыкания, блокировки минимального напряжения и перегрева предусмотрены функции внутреннего останова.

Литература

1. **Зинченко К.А., Амелин С.А.** Биполярный шаговый двигатель. Выбор оптимальной схемы подключения биполярного шагового двигателя к микроконтроллеру // Информационные технологии, энергетика и экономика (микроэлектроника и оптоэлектроника, инновационные технологии и оборудование в промышленности, управление инновациями). Сб трудов XV -ой Межд. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Т 2. – 2018. С. 76-80.

*К.А. Зинченко, студ., С.А.Амелин, к.т.н., доц., рук.
(Филиал «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ВЫБОР РАДИОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЯ

В последнее время, в развивающемся в технологическом плане мире, наибольшее предпочтение отдается беспроводным системам передачи данных и системам управления.

Известно большое количество реализаций данных систем: начиная от инфракрасных систем передачи данных, заканчивая экспериментальными системами, основанными на явлении квантово-запутанных частицах.

Однако наиболее распространение получили радиоканальные системы, работающие в следующих диапазонах частот: 433 МГц, 868 МГц и 2,4 ГГц. Частое использование этих систем, как в профессиональных областях, так и в бытовой сфере, обусловлена следующими факторами:

- нелицензируемость, для мощности до 10 мВт (433 МГц и 863 МГц) и 100 мВт (4,2 ГГц);
- низкая стоимость;
- простота в настройке и использование;
- низкое потребление энергии.

При выборе частотного диапазона, следует исходить из условий, в которых будет использоваться выбранная система.

Выбор диапазона более высокой частоты выгоден тем, что даёт возможность уменьшать размеры антенны и повышать её эффективность излучения. Так же высокочастотные диапазоны меньше подвержены влиянию помех от работы промышленных установок, что может сказываться на качестве связи.

С другой стороны, у более коротких волн проникающая и огибающая (дифракционная) способность ниже (таблица 1). 35 сантиметровые волны (868 МГц) наиболее эффективны в городских условиях с плотной застройкой домов.

Таблица 1. Зависимость прохождения радиосигнала от толщины стены

Материал стены	Частотный диапазон	Предельная толщина
Кирпич	433 МГц	4,3 м
	865 МГц	2,18 м
	2,4 ГГц	0,78 м
Бетон	433 МГц	0,47 м
	865 МГц	0,24 м
	2,4 ГГц	0,09 м

Литература

1. **Баскаков, С.И.** Электродинамика и распространение радиоволн / С.И. Баскаков. - М.: КД Либроком, 2015. - 416 с.

*Д.А. Гондоров, студ., С.А. Образцов, к.т.н., доц.
(Филиал «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА ЧАСОВ С МЕХАНИЗМОМ ТРЕВОЖНОГО ОПОВЕЩЕНИЯ ПРИ УГРОЗЕ ЛИЧНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Человеческая жизнь является самой главной ценностью в мире. К сожалению, в современных реалиях никто из людей не может быть уверенным в завтрашнем дне, и одной из задач современной науки и техники является обеспечение безопасности человека.

Возможность незаметной отправки сигнала бедствия человеком может позволить сократить количество несчастных случаев.

Устройство состоит из циферблата 1, двух операционных кнопок 2, и механизма подачи сигнала бедствия 3

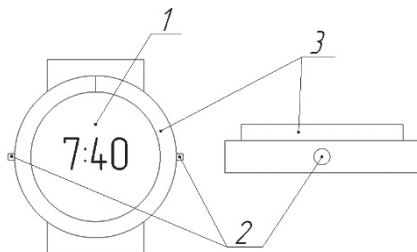
Сигнал бедствия делится на две степени опасности:

- Легкая степень (уличное нападение, похищение и т.п.)
- Тяжёлая степень (ограбление организаций, угроза теракта).

Подача сигнала бедствия осуществляется путём поворота механизма против часовой стрелки соответственно на 45° и 90° в зависимости от степени опасности.

Преимуществами использования именно такого форм-фактора механизма «тревожной кнопки» является невозможность ложного срабатывания и незаметность и удобство использования механизма при связанных руках или заложенных за голову рук.

Суть работы часов с механизмом тревожного оповещения заключается в следующем: часы сопрягаются посредством Bluetooth-интерфейса с мобильным телефоном носителя, на котором установлено специализированное программное обеспечение. При передаче с часов на смартфон сигнала бедствия, последний отправляет раз в 5 минут посредством спутниковой системы ГЛОНАСС геолокационные данные диспетчеру тревожной службы, устройствам доверенных людей, и всем прохожим в радиусе 1000 м, у которых установлено данное программное обеспечение.



УДК 621.396.6.049.75.001.6(075.8)

МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С НОРМИРОВАННЫМ
ВОЛНОВЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ ДЛЯ УСТРОЙСТВ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

ОХТИНОВА Д.А., МАИ, г. Москва
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. МЕДВЕДЕВ А.М.;

В Российской электронике нет стандартизованного определения целостности сигнала. Вместе с тем под целостностью сигнала понимается мера его качества, и проблема целостности сигнала охватывает все аспекты сохранения качественного сигнала в условиях воздействия всевозможных помех.

В первую очередь при создании печатных узлов необходимо решить ряд вопросов, связанных с задержкой распространения сигналов, искажения формы сигналов, согласования линий передачи и отражения сигналов в проводниках, которая объединяется проблемой их целостности, а также созданием методов и инструментов, которые помогут разработчикам устройств вычислительной техники сократить время проектирования и минимизировать необходимость внесения корректировок в проект. Решению этих вопросов и будет посвящена данная диссертация.

Для достижения поставленной цели в работе был проведен анализ состояния проблемы целостности сигнала и электромагнитной совместимости, а также развития методов проектирования печатных плат, тенденций в конструкции плат и развитии элементной базы. В работе было дано обоснование использования метода планирования эксперимента для анализа влияния изменения различных факторов на значения волнового сопротивления линии передачи и задержки распространения сигнала в линии и получения математической модели линии передачи повышенной точности. Также проведен расчет помех отражения для различных случаев согласованных и несогласованных нагрузок и методов согласования линий передачи, показаны их преимущества и недостатки и разработана математическая модель линии передачи повышенной точности.

Практическая значимость работы состоит в том, что разработанная математическая модель и метод проектирования печатных плат с нормируемым волновым сопротивлением позволил обеспечить доступность процедур верификации для широкого круга специалистов. Математическая модель была успешно апробирована при экспертизе конструкции многослойной печатной платы вычислительного комплекса, для расчета электрофизических параметров проводников на внешних слоях платы.

*В.А. Иванов, студ.; Ю.А. Демьянова, студ
рук. Н.Н. Строев, к.т.н., доц.;*
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)

ОСОБЕННОСТИ СРЕДСТВ ОЦИФРОВКИ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Одним из важнейших источников информации является звук. В настоящая время есть возможность исследовать акустический сигнал и, на основе полученных данных, определить, что является источником сигнала и его положение в пространстве.

Системы распознавания звука используются в разных областях человеческой деятельности. Примером таких систем являются системы распознавания речи, такие как Aculab, BabearSDK, или системы оповещения солдат о положении стрелка противника, такие как Swats и PDCue.

Для распознавания сигнала его предварительно необходимо оцифровать. Оцифровка звукового сигнала проводится в 2 этапа:

- преобразование аналогового сигнала в цифровой;
- обработка цифрового сигнала методами ЦОС.

Оцифровка сигнала производится при помощи АЦП, основными параметрами которого являются разрядность и частота дискретизации. При преобразовании сигналов технического происхождения желательно иметь АЦП с большой разрядностью высоким значением частоты дискретизации. Для определения направления до источника звуков необходимо принимать сигнал с нескольких микрофонов. Звуки технического происхождения могут иметь спектральные составляющие в широкой полосе частот. Как следствие, микрофоны, используемые при записи звука должны иметь возможность принимать сигнал в диапазоне частот превышающем диапазон частот, доступный человеческому слуху (20 Гц – 20 кГц).

При проведении цифровой обработки сигнала производится его фильтрация и проводится спектральный анализ сигнала с целью получить зависимость амплитуды сигнала от частоты. Используя данные, полученные в результате проведения спектрального анализа сигналов с нескольких микрофонов, определяется положение источника сигнала в пространстве.

Для распознавания сигналов технического происхождения было разработано устройство, осуществляющее оцифровку и цифровую обработку сигнала. Полученные в результате работы устройства данные передаются другому устройству для определения источника сигнала.

Литература

1. Иванова Г.С., Кожушко В.В. Анализ подходов к решению задачи распознавания интенсивных кратковременных звуков // Инженерный вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2015. №3. Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/761252.html>

Секция 11

ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Руководитель секции: Гуляев Александр Михайлович

Секретарь секции: Варлашов Игорь Борисович

*Е.А.Рябинина, студ.; рук. В. А. Смолин
(Филиал МЭИ в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ИВК ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В УФ ДИАПАЗОНЕ

В настоящий момент существует проблема использования беспилотных воздушных судов (БВС) в зонах, не предназначенных для полетов. Для обнаружения БВС, совершающих несанкционированные полеты, используются пассивные оптико-электронные устройства [1].

На кафедре ЭИМТ СФ МЭИ проводились исследования в инфракрасном диапазоне. Но работа такого устройства на солнце (при 20° телесного угла) невозможна. Решением может стать измерительно-вычислительный комплекс (ИВК), работающий в УФ-А и УФ-В диапазонах (рисунок 1).

С помощью объектива (1) ИВК принимает лучистый поток и направляет его на приемники лучистой энергии (2,9) со встроенными интерференционными фильтрами (3,8) для выделения спектров. При помощи вращающегося зеркального обтюлятора (4) происходит компенсация влияния температуры окружающей среды на результаты измерения. С приемников сигналы поступают на предусилители и масштабные усилители (5,10), фильтры нижних частот (6,11) и далее на аналоговые входы АЦП (7,12). Полученные после преобразования данные обрабатываются микроконтроллером (13) и выводятся во flash-память (17).

В настоящее время ведется дальнейшая разработка устройства.

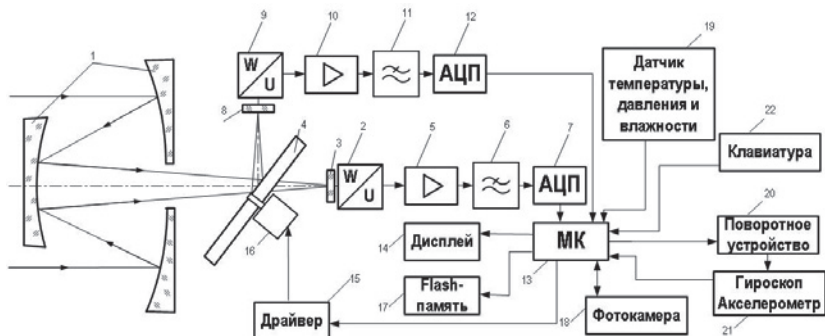


Рисунок 1 – Структурная схема ИВК

Литература

1. Якименко И. В. Методы, модели и средства обнаружения воздушных целей на атмосферном фоне широкоугольными оптико-электронными системами. СПб.: Лань, 2014. — 176 с.

*И.А. Иванова, студ.; В.А. Клауга, студ.; рук. М.А. Амелина, к.т.н., доц.
(Филиал МЭИ в г. Смоленске)*

Преимущества использования пульсометра в качестве устройства, отслеживающего жизненные показатели, в бригадах скорой помощи

Существует несколько аспектов, от которых зависит время спасения жизни человека в экстренной ситуации. Во-первых, профессионализм сотрудников скорой помощи. Во – вторых, быстрдействие устройств, используемых медицинскими сотрудниками при проведении реанимации. В процессе исследования было выявлено, что бригадами скорой помощи в качестве устройства, отслеживающего пульс у человека, находящегося без сознания, нередко используют кардиограф.

Какие недостатки у такого метода? Несомненно, время подключения устройства к человеку. Для того чтобы подключить все электроды, специалисту, который нередко приезжает на вызов без напарника, приходится отвлекаться от реанимируемого, и, в таком случае, необходимый массаж сердца и вентиляция легких прекращаются.

Актуальным решением данной проблемы было бы использование пульсометра, надевающегося на палец пациента. Такое устройство способно в режиме реального времени выводить на дисплей такие показатели, как частоту сердечных сокращений, а также процент сатурации и уровень артериального давления.

Наиболее распространенными являются датчики, основанные на оптическом способе измерения пульса. Сужение и расширение сосудов под действием артериальной пульсации кровотока вызывают соответствующее изменение амплитуды сигнала, получаемого с выхода фотоприемника. При установке двух светодиодов (один в красном, второй в ИК диапазоне) появляется возможность фиксировать не только пульс человека, но и процент сатурации (насыщение крови кислородом).

На сегодняшний день, является актуальным, создание такого датчика пульса, с улучшенными характеристиками точности и доступным ценовым диапазоном отечественного производителя.

Литература

1. **О сердце.** Пульсометры на палец: выбираем наиболее удобный // OSERDCE.COM. Сайт о здоровье сердца и сосудов «О сердце». URL: <http://oserdce.com/diagnostika/puls/pulsometry-na-palec.html>

2. **Pulse Lite.** Зачем нужен фотоплетизмограф, и что такое контурный анализ пульсовой волны? // VDD-PRO.RU. Сайт «Моя автоматика». URL: <https://vdd-pro.ru/ru/2018/05/pulse-wave-analysis/>

*В.И. Антоненков, И.А. Болобин, студ.; рук. А.А. Пеньков, к.т.н., доц.
(Филиал МЭИ в г. Смоленске)*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОХОДНОЙ ЁМКОСТИ БТИЗ

Одним из основным параметров, влияющих на задержку переключений БТИЗ является его проходная ёмкость (C_{rss}). Данная ёмкость по величине совпадает с величиной ёмкости между затвором и коллектором (C_{GC}) [1].

В результате исследования было обнаружено, что методы измерений, предложенные в ГОСТах, не позволяют достичь необходимых результатов [2].

Решением этой проблемы является методика измерений, предложенная фирмой International Rectifier. В основе этой методики лежит тестовая схема для измерения проходной ёмкости БТИЗ (рис. 1).

Для измерений используется ёмкостной мост на частоту 1 МГц. Измеряемая ёмкость последовательно подключается к ёмкости известной величины для разделения по постоянному току. Также, для того, чтобы сразу определить правильность измерения, в схеме рассмотрена упрощённая внутренняя структура БТИЗ.

Чтобы определить величину проходной ёмкости, необходимо построить график зависимости амплитуды синусоидального напряжения (V_I на рис. 1) от изменяемой ёмкости (C_{var}). Амплитуда напряжения становится минимальной тогда, когда величина ёмкости, входящей в состав моста, совпадает с величиной ёмкости, которую необходимо измерить (рис. 1).

Измеренная величина проходной ёмкости ($C_{rss}=56 \text{ нФ}$) практически совпадает с той, что задана в схеме ($C_{rss}=57 \text{ нФ}$). Таким образом, предложенный метод измерения позволяет получить требуемый результат с минимальной погрешностью.

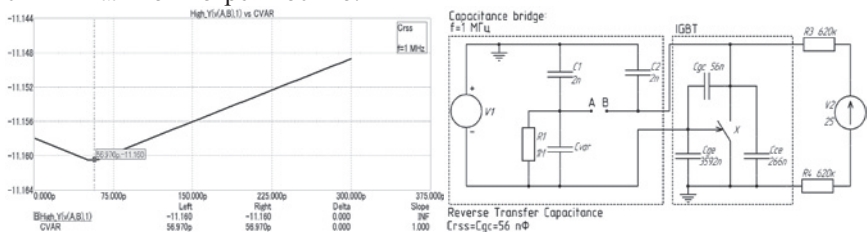


Рис. 1. Измерение величины проходной ёмкости БТИЗ

Литература

1. Блейк К., Булл К. IGBT или MOSFET: выбирайте с умом // Силовая электроника. 2015. № 5.
2. ГОСТ 20398.5–74. Транзисторы полевые. Метод измерения входной, проходной и выходной ёмкостей. – Введ. 1976-01-07. – М.: Изд. стандартов, 1976.

*.Б. Глухенькая, студент; рук. М. С. Михайлова, к.х.н., доц.
(НИУ «МИЭТ», Москва)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ТОНКИХ ПЛЕНОК $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ МЕТОДОМ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

Материал $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ – трехкомпонентное соединение, применяющееся в качестве активного слоя в элементах оптической энергонезависимой фазовой памяти (PCM). Применение $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ в PCM-устройствах обусловлено высокой скоростью фазовых превращений, которые сопровождаются существенным изменением оптических свойств. Быстродействие ячеек фазовой памяти определяется скоростью фазовых превращений и ограничивается временем кристаллизации материала.

Для анализа структуры и определения внутримолекулярных взаимодействий исследуемого вещества посредством регистрации изменений интенсивности положения максимумов пиков и формы спектров в целом широко применяется метод комбинационного рассеяния света (КРС). Данный метод привлекателен для исследования процессов кристаллизации, происходящих в тонких пленках $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ при термообработке.

В связи с этим, целью данной работы является детальное исследование структурных изменений, которые происходят в материале $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ во время его кристаллизации, с использованием метода КРС.

Исходные аморфные тонкие пленки ($h=130$ нм) были получены методом магнетронного распыления материала мишени на подложки SiO_2 . В качестве возбуждающего источника излучения использовался He-Ne-лазер (Horiba LabRAM: $\lambda = 633$ нм, $P_{\text{max}}=10$ мВт.). Предварительные исследования показали, что воздействие анализирующим излучением мощностью 1 мВт через объектив с фокусным расстоянием $\times 10$ и временем и количеством накоплений спектр $= 20\text{с}$ и $N = 4$ соответственно, не оказывает влияния на форму и интенсивность положения максимумов пиков исследуемых аморфных и термически закристаллизованных тонких пленок $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$.

Исследование температурной зависимости формы и положения пиков проводилось в диапазоне температур $T=30 \div 270^\circ\text{C}$. Измерения проводились на термостойке Linkam HFS600E-PB4. Результаты данного исследования показали, что в процессе термической обработки происходит изменение колебательных мод компонентов GeTe_4 , вследствие кристаллизации исследуемого материала. Установлено, что кристаллизация исследуемого материала начинается при $T \approx 155^\circ\text{C}$ и заканчивается при $T \approx 225^\circ\text{C}$.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект №17-79-10465).

Е.Ю. Кузнецова, студ.; рук. И.Б. Варлашов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

Разработка электрической схемы полумостового высоковольтного КМОП – драйвера

В настоящее время получили широкое распространение мощные и высоковольтные переключаемые МДП-транзисторы, являющиеся едва ли не основными силовыми полупроводниковыми компонентами в различных областях техники, связанных с преобразованием электрической энергии. МДП-транзисторы по уровням рабочих напряжений, токов, рассеиваемым и отдаваемым в нагрузку мощностям успешно конкурируют с мощными биполярными транзисторами, т.к. имеют ряд существенных преимуществ[1]. К ним относятся: высокая скорость переключения, большое усиление по току, простота включения и более широкая область применения.

Целью данной работы была задача оптимизировать каждый блок электрической схемы драйвера-аналога, построенной на основе мощных и высоковольтных МДП- транзисторов, результаты которой в дальнейшем будут использованы при разработке топологии и технологического маршрута в процессе изготовления отечественной микросхемы.

В данной работе исследовалась электрическая схема полумостового высоковольтного драйвера фирмы International Rectifier – IR2213 с целью дальнейшей оптимизации этой схемы. На основе таких драйверов в России и за рубежом реализованы модули понижающих или повышающих преобразователей уровня напряжения. Задача этих модулей - формировать постоянное напряжение на нагрузке выше или ниже заданного.

Для достижения цели оптимизации схемы были решены следующие задачи:

- Проведение анализа топологии зарубежного драйвера-аналога и его электрической схемы;
- Измерение вольтамперных характеристик транзисторов, изготовленных на тестовых пластинках и создание, на основе этих измерений, их моделей для последующего расчета в программе электрического моделирования.

Литература

1. **Потехин В.А.** «Схемотехника цифровых устройств: учеб. пособие для вузов». Томск: В - Спектр, 2012. 250с.

Л.С. Волкова, студ.; рук. Ю.В. Ануфриев, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

Разработка унифицированной конструкции катодно-анодного узла для изучения эмиссионных свойств углеродных наноструктурированных материалов

Современные углеродные наноструктурированные материалы, такие как углеродные нанотрубки (УНТ) и углеродные наностенки (УНС) на основе графена являются перспективными материалами для создания радиационноустойчивых микровакуумных приборов, построенных на принципе полевой эмиссии. Изучение технологии синтеза УНТ [1], показало, что морфологические и электрофизические параметры нанотрубок определяются рядом характерных особенностей. В частности, эмиссионные характеристики металлических, полупроводниковых и легированных УНТ могут кардинально различаться.

Целью данной работы являлось создание конструкции и топологии катодно-анодного узла, учитывающего особенности работы холодных эмиссионных катодов при туннелировании по Фаулеру-Нордгейму. Высоковакуумная конструкция предназначена для исследования:

- Влияния различных параметров синтеза УНТ методом химического осаждения из газовой фазы (морфологические особенности) на эмиссионные способности.
- Влияния различных материалов, покрывающих поверхность УНТ (полученных методами атомно-слоевого осаждения) на эмиссионные свойства.
- Влияния процессов легирования азотом и восстановление водородом на эмиссионные свойства УНТ.
- Влияния эффекта экранирования УНТ на суммарный эмиссионный ток.

В результате работы создана конструкция тестовых образцов, позволяющая проводить исследование характеристик эмиссионных структур на основе УНТ и УНС в широком диапазоне параметров.

Литература

1. Булярский С. В., «Углеродные нанотрубки: технология, управление свойствами, применение». Ульяновск : Стрелёв, 2011. 480 с.

*О.Н. Евтеева, студ., А.И. Кобзев, студ; рук. Ю.В. Ануфриев, к.т.н.
(НИУ «МЭИ»)*

Исследование влияния массивов вертикально ориентированных нанотрубок на параметры кремниевых солнечных преобразователей энергии

Массивы углеродных нанотрубок (УНТ) представляют собой материал с коэффициентом оптического поглощения близким к единице. Однако, проведенные исследования и литературные данные показывают, что наряду с поглощением в УНТ возникает эффект переизлучения фотонов в инфракрасном диапазоне [1,2]. Также известно, что кремниевые солнечные элементы (СЭ) не очень эффективны на многих участках спектра.

В ходе данной работы было проведено исследование влияния покрытия из УНТ на кремниевую солнечную панель. Результаты показали, что пассивирование поверхности батареи барьерным слоем из диоксида титана в отсутствие УНТ либо не вносит никаких изменений, либо ухудшает характеристики СЭ. В то же время, при пассивации диоксидом титана с нанесением УНТ, увеличилось поглощение в коротковолновой части спектра. Этот факт свидетельствует о том, что наносимые слои существенно не влияют на плотность поверхностных состояний кремния, а являются своего рода системой двойного преобразования.

В докладе обсуждаются полученные результаты.

Образцы были получены при помощи низкотемпературного синтеза УНТ непосредственно на поверхности СЭ в ИНМЭ РАН. Характеристики, в свою очередь, были исследованы на кафедре электроники и наноэлектроники НИУ «МЭИ».

Работа проводилась при поддержке Фано РФ по тематическому плану ИНМЭ РАН.

Литература

1. **Avouris, P.** "Carbon-nanotube photonics and optoelectronics" Nature Photonics, Volume 2 / Avouris P., Freitag M., Perebeinos V. // Issue 6 – 2008 – 341.
2. **Минаев Н.В.** Исследование спектров комбинационного рассеяния углеродных нанотрубок синтезированных методом химического осаждения из газовой фазы. Тезисы докладов Российской конференции КР-90 / Минаев Н.В., Молоденский М.С., Зенова Е.В. [и др.] // Новосибирск – 2018.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОП-ТРАНЗИСТОРОВ С ДВУМЕРНЫМ КАНАЛОМ

*В. С. Генералов, студент магистратуры каф. ЭиН, НИУ МЭИ
А. И. Попов, д.т.н. профессор каф ЭиН, НИУ МЭИ*

В настоящее время самым массовым полупроводниковым прибором является полевой Металл-Диэлектрик-Полупроводник транзистор (далее МДП).

В настоящий момент комплементарные Металл-Оксид-Полупроводник (далее КМОП) интегральные схемы (далее ИС), подразумевающие использование МДП транзисторов с каналами обоих типов проводимости, занимают порядка 70-80% от мирового рынка ИС. Особо важным параметром любого КМОП устройства является пороговое напряжение, абсолютная величина которого должна совпадать для транзисторов n- и p-типа.

С достижением субмикронных технологических норм, понимание механизмов формирования областей пространственного заряда, областей обеднения и эффектов на границе раздела является критически необходимым, т.к. отклонения на единицы нанометров вполне могут привести к некорректной работе прибора.

Для полупроводниковой технологии характерно несоответствие заданных и фактических параметров. Таким образом, следует говорить об эффективных ширине и длине канала, емкости оксида и пороговом напряжении. Определение эффективных значений играет важную роль как для технологического контроля, так и для формирования релевантных моделей приборов.

Существует множество методов определения подобных параметров: метод максимальной крутизны, метод Y-функции, полиномальный метод и т.п. В настоящей работе проведено исследование характеристик МОП-транзисторов с двумерным каналом на основе MoS_2 , маршрут изготовления которых подробно описан в [1].

Литература

1. **Генералов В.С.**, «Изготовление МОП-транзисторов с двумерным каналом на основе MoS_2 », X всероссийская школа-семинар студентов, аспирантов и молодых ученых «Диагностика наноматериалов и наноструктур», том 2, стр.61-63, Рязань 2018

Т.С. Чуканова, студ.; рук. А.Д. Баринов, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

Влияние отжига кремний-углеродных нанокomпозитов на их электрические и морфологические свойства

Известно, что аморфные алмазоподобные углеродные (DLC) плёнки при температуре 200–300 °С теряют свои свойства вследствие процесса графитизации (увеличении содержания sp^2 -гибридизированных атомов углерода), в то время как у кремний-углеродных плёнок и нанокomпозитов на их основе температура, при которой происходит изменение свойств порядка 300–400 °С [1, 2].

В ходе данной работы было проведено исследование термостабильности кремний-углеродных плёнок нанокomпозитов при различной температуре отжига. Результаты показали, что плёнки устойчивы к отжигу в течение 8 часов при температуре 200 °С на воздухе – их морфология и электропроводность практически не изменились. В то время как отжиг в течение 4 часов при температуре 400 °С в низком вакууме и на воздухе приводит к изменениям свойств материала.

В докладе обсуждаются полученные результаты.

Плёнки нанокomпозита получают на кафедре электроники и нанoeлектроники НИУ «МЭИ» методом одновременного плазмохимического разложения кремнийорганического вещества и магнетронного распыления металла.

Авторы благодарят Шупегина М.Л. за предоставление образцов для исследования. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 19-07-00021).

Литература

1. **Presniakov, M. Yu.** Thermal stability of metal-silicon-carbon nanocomposites / M. Yu. Presniakov, I. Popov [et al.] // *Rossiiskie Nanotekhnologii*. – 2014. – V. 9. – N. 9–10. – P. 518–532.
2. **Yang, W. J.** Thermal stability evaluation of diamond-like nanocomposite coatings / Wo. J. Yang [et al.] // *Thin Solid Films*. – 2003. – N. 434. – P. 49–54.

В.В. Чистяков, студ.; рук. И.Б. Варлашов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

Анализ разброса параметров входных транзисторов операционного усилителя

Дифференциальный усилитель, располагающийся на входе ОУ, может выполняться как на биполярных, так и на полевых транзисторах с управляющим рп-переходом (ПТУП).

В интегральном исполнении при топологическом проектировании транзисторы располагаются рядом, но несмотря на это, их параметры могут отличаться в связи с разбросом режимов технологического процесса, они не могут быть абсолютно одинаковыми [1]. Это приводит к смещению на выходе ОУ, которое является нежелательным. Для решения этой проблемы подают входное напряжение для компенсации напряжения смещения.

Аналог разрабатываемой схемы операционного усилителя существует на дифференциальном каскаде из биполярных транзисторов. Для уменьшения входных токов (увеличения входного сопротивления) осуществляют замену биполярных транзисторов на ПТУП. Несмотря на то, что полевые транзисторы выполнены по одной технологической норме и расположены рядом друг с другом на кристалле, реальный получающийся разброс параметров слишком большой.

Целью данной работы является выявление критических операций технологического процесса, определяющих разброс параметров ПТУП'а.

Для достижения цели:

- Смоделирован технологический процесс изготовления всей интегральной схемы (в том числе и ПТУП'а).
- Были смоделированы вольтамперные характеристики структуры ПТУП'а, определены SPICE-параметры для схемотехнического моделирования всего ОУ.

Литература

1. **Миндеева А.А.**, «Элементная база аналоговых схем» учеб.пособие. – М.:МИЭТ, 2012. 184 с.

Д.М. Шальнева, студ.; рук. А. И. Попов, д.т.н, проф. (НИУ «МЭИ»)

ВЛИЯНИЕ ТИПА ПРЕКУРСОРА И РЕЖИМОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НА МОРФОЛОГИЮ И ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АМОРФНЫХ АЛМАЗОПОДОБНЫХ КРЕМНИЙ-УГЛЕРОДНЫХ ПЛЕНОК

Кремний-углеродные пленки находят широкое применение в различных областях, чем и объясняется их активное исследование. Они обладают такими полезными свойствами как: высокая термостабильность, меньший (по сравнению с углеродными пленками) коэффициент трения, лучшие диэлектрические свойства, высокая адгезия к различным типам подложек и низкие остаточные упругие напряжения. Эти пленки получают плазмохимическим разложением кремнийорганических прекурсоров.

В большинстве исследований [1, 2] в качестве прекурсора использовался полифенилметилсилоксан (ПФМС). Однако использование другого прекурсора дает дополнительные возможности управления свойствами этих материалов. В [3] автором доклада исследовались кремний-углеродные пленки, полученные разложением полиметилсилоксана (ПМС). Были проведены исследования температурных зависимостей электропроводности.

Цель настоящей работы является продолжение работы [3]: исследование частотных зависимостей электропроводности и морфологии пленок, полученных разложением ПМС при разных технологических режимах: изменение напряжение смещения подложкодержателя и изменение парциальным давления аргона в рабочей камере, и выявление зависимости результатов исследования от выбора прекурсора и режимов изготовления.

Полученные результаты сравниваются с аналогичными данными, полученными при исследовании аморфных алмазоподобных кремний-углеродных плёнок, в которых прекурсором являлся ПФМС [2].

Литература

1. **Попов А. И., Шупегин М. Л.** Труды V Всерос. школы-семинара по направлению «Диагностика наноматериалов и наноструктур». Рязань: РГРТУ. 2012. Т. 2. СТР. 154 – 170.
2. **Баринов А. Д.** Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. МЭИ, 2017.
3. **Шальнева Д. М.** Труды X Всерос. школы-семинара по направлению «Диагностика наноматериалов и наноструктур». Рязань: РГРТУ. 2018. Т. 3. СТР. 88 – 89.

*А. В. Абрамова, студ.; О. С. Мясина, студ., рук С. П. Астахов,
к. т. н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВИДЕОКАМЕРЫ VNI-753-НЗ ПО ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ *NUV*

Основными требованиями к устройству оптической электроники, на базе которого можно создать видеокамеру диапазона *NUV*, являются:

- его спектральная характеристика должна обеспечивать получение информации в диапазоне *NUV*;

- оно должно обладать максимально возможной чувствительностью.

Этим требованиям в большей степени отвечает монохромная видеокамера VNI-753-НЗ. Матрица ПЗС типа *ICX-659AL* установлена в центре платы фотоприемника.

Характеристики камеры VNI-753-НЗ позволяют обеспечивать ей чувствительность, приближающуюся к чувствительности приборов ночного видения: при снижении освещенности, сначала автоматически включается режим интегрирования внутри матрицы ПЗС по площади изображения, а затем автоматически включается режим интегрирования по времени.

Для формирования результирующей относительной спектральной характеристики камеры VNI-753-НЗ необходимо последовательно выполнить следующие операции:

- определить вид относительной спектральной характеристики камеры VNI-753-НЗ, формируемой путем мультипликативной свертки спектральной характеристики чувствительности матрицы ПЗС типа *ICX659AL* и спектральной характеристики пропускания используемого с камерой объектива;

- используя вид относительной спектральной характеристики камеры VNI-753-НЗ с выбранным объективом, подобрать корректирующие оптические фильтры с известными спектральными характеристиками пропускания и осуществить их мультипликативную свертку для определения результирующей относительной спектральной характеристики.

Литература

1 ISO 21348 Process for Determining Solar Irradiances [Электронный ресурс]//Space Environment Technologies. URL: http://www.spacewx.com/ISO_solar_standard.html (дата обращения: 10.03.2018)

2 Телевизионные камеры и комплексные системы безопасности [Электронный ресурс] // ООО ЭВС. URL: http://www.evs.ru/d_sheet/VNA-753-НЗ.pdf (дата

Секция 12

БИОМЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Руководитель секции: Крамм Михаил Николаевич

Секретарь секции: Жихарева Галина Владимировна

А.В. Андреев, студ.; рук. А.Р. Сафин, к.т.н., доц. (НУИ «МЭИ»)
**КРОСС-ЧАСТОТНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ В МОДЕЛИ
 НЕЙРОННЫХ МАСС**

Кросс-частотная синхронизация (КЧС) между различными ритмами головного мозга является важнейшим явлением, происходящим в мозге [1]. Подобные процессы являются основным признаком передачи информации между ансамблями нейронов, расположенными на некотором удалении друг от друга (даже в разных отделах мозга). Существуют различные виды КЧС: фазо-амплитудная синхронизация (ФАС), при которой фаза низкочастотного ритма модулирует амплитуду более высокочастотного, а также амплитудно-фазовая, амплитудно-амплитудная и фазо-фазовая. Наличие КЧС в некоторых случаях может свидетельствовать о нарушении в мозговой деятельности, поэтому всестороннее исследование механизмов возникновения КЧС в сложных сетях связанных осцилляторов является актуальной задачей.

Модель нейронной массы (МНМ) [1] — это широко используемая математическая модель, позволяющая исследовать возникновение КЧС в сложных сетях взаимосвязанных нелинейных осцилляторов. В данной работе исследуется модель нейронной массы кортикальной колонки мозга, состоящей из четырнадцати нейронных популяций, распределенных по четырем слоям.

Целью работы было исследование свойств ФАС в МНМ и выявление особенностей, таких как наличие различных типов КЧС и взаимодействие косвенно связанных популяций нейронов. Для описания динамики популяций в МНМ численно решалась система уравнений для переменной $x_m(t)$, $m=1..N$, где N – количество популяций нейронов:

$$\frac{d^2 x_m(t)}{dt^2} + 2g_m b_m \frac{dx_m(t)}{dt} + g_m^2 x_m(t) = G_m g_m (p_m + \sum_{n=1}^N \Gamma_{nm} S(x_n(t))).$$

Здесь b_m и g_m характеризуют затухание и собственную частоту колебаний, соответственно, G_m - нормирующий множитель, p_m - случайная величина с нормальным законом распределения, Γ_{nm} – матрица связей и $S(\cdot)$ – сигмоидная функция связи осцилляторов между собой.

Проведенные исследования позволяют количественно оценить взаимодействие популяций, соединенных косвенными связями по сравнению с взаимодействием популяций, соединенных прямыми связями.

Литература

1. **Sotero R.C.** Topology, Cross-Frequency, and Same-Frequency Band Interactions Shape the Generation of Phase-Amplitude Coupling in a Neural Mass Model of a Cortical Column. PLOS Computational Biology. 2016. Vol. 1. P. 1-29.

*Д.А. Волков, студ.; рук-ли А.Р. Сафин, к.т.н., доц.;
Р.С. Куликов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

СИСТЕМА ФАЗОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРИЁМА СЛАБЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

В течение последних десятилетий были разработаны различные бесконтактные датчики мониторинга жизненных показателей, таких как дыхание и сердечный ритм на основе доплеровских радиолокаторов, датчиков бесконтактной электрокардиограммы (ЭКГ), датчиков с пневматическим потоком, бесконтактных датчиков радиочастоты и т. д. (см. подробнее в [1]). Вышеуказанные датчики хорошо подходят в лабораторных исследованиях, однако практически в городских реалиях их трудно использовать из-за громоздкости, дороговизны отдельных блоков, влияния побочных микроволновых помех. Кроме того, пациенты непрерывно должны подвергаться воздействию микроволновых электромагнитных волн, чтобы постоянно контролировать их жизненные показатели.

В данной работе исследовался бесконтактный датчик жизненных показателей, использующий систему фазовой синхронизации (СФС), объединенную с генератором, управляемым напряжением (ГУН) со встроенным кольцевым резонатором для повышения чувствительности в условиях сильного влияния помех. СФС [2] в данном случае используется для детектирования отклонения частоты. Изменение частоты колебаний, соответствующее изменению входного сопротивления резонатора, может быть преобразовано в биометрическую информацию посредством управляющего напряжения петли СФС. В результате предложенный датчик может успешно обнаруживать жизненные показатели (кардиограмму) на расстоянии до 50 мм в четырех различных положениях объекта в условиях внешних помех.

Литература

1. **Hong Y, Kim S-G, Kim B-H, Ha S-J, Lee H-J, Yun G-H, Yook J-G.** Noncontact Proximity Vital Sign Sensor Based on PLL for Sensitivity Enhancement. IEEE Transactions on biomedical circuits and systems. 2014. Vol. 8. No. 4. P. 584-593.
2. **Капанов М.В.** Элементы теории систем фазовой синхронизации. М. Изд-во МЭИ. 2009.

А.Ю. Бойко, студ.; рук. Г.В. Жихарева, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ РЕКОНСТРУКЦИИ
ЭКВИВАЛЕНТНОГО ДИПОЛЬНОГО ИСТОЧНИКА
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА**

Для повышения чувствительности и надежности диагностики электрической активности головного мозга актуальна разработка алгоритмов решения обратной задачи электроэнцефалографии (ЭЭГ) [1].

Цель настоящей работы – анализ возможности применения алгоритмов реконструкции характеристик эквивалентного дипольного источника электрической активности сердца [2] для решения обратной задачи ЭЭГ. Сравниваются два алгоритма: основанный на связи потенциалов и источника в однородной среде и с учетом границы «голова-воздух» [3].

При апробации данных алгоритмов используются моделированные ЭЭГ-сигналы [3] и сигналы из базы PhysioNet [4] системы электродных отведений 10-20%. Для сравнения алгоритмов производится расчет средних отклонений положения и отклонения вектора дипольного момента реконструированного дипольного источника от истинного положения для моделированных ЭЭГ-сигналов. Оценка качества реконструкции по реальным сигналам проведена путем расчета невязки по потенциалам и коэффициента дипольности [5].

Показана возможность применения исследованных алгоритмов для решения обратной задачи ЭЭГ. Оценена погрешность, вносимая предположением об однородности среды, окружающей источника. Она составляет порядка 7 мм по координате и порядка 5 % по отклонению вектора дипольного момента. При этом быстродействие алгоритма повышается в два раза.

Литература

1. **Гнездицкий В.В.** Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография. М.: МЕДпресс-информ, 2004.
2. **Крам М.Н., Стрелков Н.О., Чомахидзе П.Ш., Копылов Ф.Ю.** Исследование дополнительных диагностических признаков ишемии миокарда. // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2016. Т. 9. № 1. С. 52-57.
3. **Бойко А.Ю., Жихарева Г.В.** Моделирование ЭЭГ-потенциалов с использованием однодипольной модели электрической активности головного мозга. // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тез. докл. XXIV МНТК студентов и аспирантов. М.: Издательский дом МЭИ, 2018. С.180
4. **EEG Motor Movement / Imagery Dataset.** PhysioNet. The research resource for complex physiologic signals. URL <https://physionet.org/physiobank/database/eegmmidb>.
5. **BrainLoc 6.0.** Программа трехмерной локализации источников электрической активности головного мозга. Руководство пользователя. М.: Нейрософт, 2006.

М.Г. Лафицкова, студ.; рук. Т. В. Истомина, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИХ ПАТОЛОГИЙ

Стабилометрия является весьма перспективным направлением развития современного здравоохранения, причем этот вид медицинского оборудования активно используется как в диагностических, так и в реабилитационных целях. Данный метод исследования организма человека может найти применение в достаточно широком спектре направлений, исследующих как психологические, так и физические способности человека [1].

Суть стабิโลграфической методики заключается в исследовании процесса тренировки двигательных навыков у пациентов, выполняющих задания компьютерных игр с помощью изменения положения своего центра давления стоя на стабิโลграфической платформе. При этом реализуется принцип биологической обратной связи, что позволяет обследуемому произвольно корректировать свою вертикальную позу [2].

Проведено экспериментальное исследование, с целью улучшения стабิโลметрических показателей. В эксперименте принимало участие 10 здоровых студентов МЭИ. Каждый участник проходил тестирование с помощью стабิโลметрической платформы ST-150 и программного обеспечения STPL [3]. Тестирование производилось в три этапа: прохождение статического и динамических тестов без и со специальным внешним мешающим воздействием, далее в течение нескольких недель студент проходил тренинг с помощью специальных игр с использованием биологической обратной связи [4], а затем проводилось контрольное тестирование.

Таким образом, в ходе экспериментального исследования была разработана методика оценки скорости реакции человека, а также произведен сравнительный анализ снятых экспериментально данных в статическом и динамическом режимах.

Литература

1. **Скворцов Д.В.** Стабิโลметрическое исследование. М.: Маска, 2010. 176 с.
2. **Компьютерная стабิโลграфия с биологической обратной связью** — <http://www.neurocentr41.ru/pb/6-stabgraf.html>
3. **Специализированные реабилитационные тренажеры/ST-150** — http://stimul.gitt.ru/reabilitaciya_i_pomow_invalidam/specializirovannye_reabilitacionny_e_trenazhery/.
4. **Истомина Т.В., Баулина О.В.** Применение мультипараметрической биологической обратной связи в спортивной медицине // Биотехносфера. 2014, № 3 (33). С. 50-52.

*А.А. Иванова, студ.; рук-ли Н.С. Кульберг, к.ф.-м.н., доц. (НИУ «МЭИ»);
Д.В. Леонов, н.с. (ГБУЗ «НПЦМР ДЗМ», Москва)*

МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ФАЗОВЫМИ АБЕРРАЦИЯМИ ПРИ ТРАНСКРАНИАЛЬНОМ УЗИ

УЗИ позволяет диагностировать патологии головного мозга. Однако костные ткани черепа значительно осложняют исследование. Это связано с большим ослаблением волн, проходящих через черепную кость. На частотах от 1 до 5 МГц оно может составлять от 12 до 45 дБ/см [1]. Другой трудностью являются возникающие фазовые набег (абerrации), связанными с различием в скорости звука между костной и мягкой тканью. Фазовые абerrации приводят к росту боковых лепестков диаграммы направленности, расширению фокальной области и, как следствие, ухудшению разрешающей способности.

Целью работы являлось исследование методов исправления фазовых абerrаций при транскраниальном УЗИ.

В работе сравниваются два основных метода компенсации фазовых абerrаций в ультразвуковых системах: кросскорреляционный метод и индикаторный метод [2–4]. Кросскорреляционный метод основывается на формировании функции взаимной корреляции сигналов от соседних элементов датчика. Индикаторный метод использует в качестве критерия качества изображения яркость спекла или уровень суммарного сигнала на выходе блока пространственно-временной обработки. Эксперименты проводились как с использованием специально разработанного фантома черепной кости, так и с участием добровольцев. Для анализа данных использовалось программное обеспечение собственной разработки [5].

Полученные результаты могут быть полезны при создании особой медицинской диагностической системы для исследований сосудов и мягких тканей мозга [2].

Литература

1. Fry F.J., Barger J.E. Acoustical properties of the human skull // J. Acoust. Soc. Amer. 1978. V. 65. P. 1576–1590.

2. Осипов Л.В., Кульберг Н.С., Леонов Д.В., Скосырев С.В. Разработка экспериментальной системы для получения высококачественных изображений при транскраниальном ультразвуковом исследовании патологий головного мозга // Отчет по НИР ГБУЗ «НПЦМР ДЗМ». Москва. 2018.

3. Ødegaard L.A. Phase aberration correction in medical ultrasound imaging. PhD thesis. University of Trondheim. 1995.

4. Ivancevich N.M. Phase aberration correction for real-time 3-D transcranial ultrasound imaging. PhD thesis. Duke University. 2009.

5. Кульберг Н.С., Леонов Д.В. Программа обработки и анализа сигналов ультразвуковой визуализации в режиме цветового доплеровского картирования кровотока // Реестр программ для ЭВМ. №2018617330 от 21.07.2018.

Н.А. Лысенко, Т.А. Бровко, студ.; рук-ли Н.С. Кульберг, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»); Д.В. Леонов, н.с. (ГБУЗ «НПЦМР ДЗМ», Москва)
**УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ФАНТОМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКОВ В ОБЛАСТИ АНЕВРИЗМЫ**

Аневризмы могут представлять непосредственную угрозу жизни человека. Одними из наиболее опасных считаются аневризмы брюшной аорты. Они могут долгое время существовать бессимптомно. Их разрыв приводит к сильнейшему кровотечению, в 40% случаев заканчивающемуся летальным исходом до госпитализации. Распространенность аневризм диаметром 2,9–4,9 см составляет от 1,3% среди мужчин в возрасте 45–54 лет до 12,5% среди мужчин 75–84 лет. Сравнительные показатели распространенности заболевания среди женщин составляют менее 1% и 5,2%, соответственно [1, 2]. Для прогнозирования вероятности разрыва аневризмы разрабатывают математические и материальные гемодинамические модели, называемые фантомами.

Целью работы являлась разработка фантома сосуда с аневризмой для изучения турбулентных потоков в сосудистом русле с помощью доплеровских методов при ультразвуковом исследовании.

В ходе работы были решены следующие задачи: 1) выбор оптимального способа моделирования кровеносного сосуда; 2) выбор материалов, имитирующих кровь, стенки сосудов и мягкие ткани человека; 3) оценка взаимодействия вещества, моделирующего неоднородные структуры тела человека, с различными растворителями; 4) оценка растворимости вещества-имитатора кровеносных сосудов в различных растворителях; 5) разработка системы циркуляции крови.

Разработанный фантом состоит из системы непрерывной циркуляции жидкости, напечатанного на 3D-принтере корпуса и внутренних полостей, имитирующих кровеносные сосуды с наличием локальных расширений, имитирующих аневризмы.

Представленный фантом может быть полезен практикующим врачам и разработчикам новых методик УЗИ [3, 4].

Литература

1. **Бокерия Л.А.** Аневризмы брюшной аорты: клинические рекомендации. М.: Министерство здравоохранения РФ, 2016.
2. **Авагян М.М.** Отдаленные результаты и качество жизни больных после резекции аневризм брюшной аорты // дисс. кандидата мед. наук. Москва. 2008.
3. **Гукасов В.М., Леонов Д.В., Фин В.А.** Используемые информационные технологии и принципы построения ультразвуковых медицинских диагностических устройств (УЗМДУ) // Медицина и высокие технологии. 2015. №4. С. 29-36.
4. **Леонов Д.В., Фин В.А.** Концепция разработки современного отечественного ультразвукового медицинского диагностического устройства экспертного класса нового поколения // Биомедицинская радиоэлектроника. 2014. № 1. С. 59-62.

*А.С. Шипаева, студ.; рук-ли Е.В. Шалимова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»);
Д.В. Леонов, н.с. (ГБУЗ «НПЦМР ДЗМ», Москва)*

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ДОПЛЕРОВСКОГО МЕРЦАЮЩЕГО АРТЕФАКТА В УНИВЕРСАЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПОЛЕЙ FIELD II

Профессором Йенсенем (Датский технический университет) разработана универсальная программа Field II моделирования УЗ полей, которая работает на принципе Гюйгенса-Френеля. Эта программа реализована в среде MATLAB и значительно упрощает процесс разработки УЗИ прибора [1, 2]. Нами она используется для моделирования мерцающего артефакта.

Мерцающий артефакт наблюдается при акустической визуализации в доплеровских режимах. В режиме цветового доплеровского картирования кровотока он выражается в быстрой смене окрашенных пикселей на поверхности объектов, по плотности отличных от окружающих тканей и жидкостей полых органов [3-6]. Примерами таких объектов могут служить микрокальцинаты молочной железы, почечные конкременты [5, 6] и пр.

В программе Field II выполнено моделирование мерцающего артефакта 1-ого и 2-ого рода [4, 5] в присутствии кровотока. Вероятность различения сигнала кровотока на фоне сигналов с признаками артефакта с применением специальных алгоритмов [4-6] оценивается в 97%.

Результаты исследования будут способствовать усовершенствованию режима обнаружения минеральных включений, описанного в работе [6].

Литература

1. **Гукасов В.М., Леонов Д.В., Фин В.А.** Используемые информационные технологии и принципы построения ультразвуковых медицинских диагностических устройств (УЗМДУ) // Медицина и высокие технологии. 2015. №4. С. 29-36.
2. **Леонов Д.В., Фин В.А.** Концепция разработки современного отечественного ультразвукового медицинского диагностического устройства экспертного класса нового поколения // Биомедицинская радиоэлектроника. 2014. № 1. С. 59-62.
3. **Леонов Д.В., Кульберг Н.С., Громов А.И., Морозов С.П., Ким С.Ю.** Исследование причин возникновения мерцающего артефакта в доплеровских режимах ультразвукового медицинского диагностического устройства // Акустический журнал. 2018. №1. С. 100-111.
4. **Леонов Д.В., Кульберг Н.С., Фин В.А., Громов А.И.** Способ выявления аномалий физической плотности при акустической визуализации: патент на изобретение RU 2 665 223 C1.
5. **Леонов Д.В., Кульберг Н.С., Громов А.И., Морозов С.П., Владимирский А.В.** Режим обнаружения твердых минеральных включений при медицинской акустической визуализации // Акустический журнал. 2018. №5. С. 618-631.
6. **Кульберг Н.С., Громов А.И., Леонов Д.В., Осипов Л.В., Усанов М.С., Морозов С.П.** Диагностический режим обнаружения кальцинатов и конкрементов при ультразвуковом исследовании // Радиология-практика. 2018. №1. С. 37-49.

*Л.С. Иванова, студ.; рук-ли Е.В. Шалимова, доц. (НИУ «МЭИ»);
Д.В. Леонов, н.с. (ГБУЗ «НПЦМР ДЗМ», Москва)*

ФАНТОМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК МИНЕРАЛЬНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

Минеральные включения — камни, плотные тела, свободно лежащие в полостях различных органов, либо прикрепленные к их стенкам. Примером таких включений являются камни в почках при мочекаменной болезни, которая в течение последнего десятилетия характеризуется растущими показателями заболеваемости. Абсолютное число зарегистрированных больных мочекаменной болезнью в РФ в период с 2006 по 2015 увеличилось на 18.7% [1], такая статистика позволяет сделать заключение об актуальности разработки фантома — эквивалента почки. Фантомы используют для изучения физиологических процессов, разработки и исследования новых методик в области медицинской диагностики и т.д.

Целью работы являлась разработка фантома почки с минеральными включениями для исследования методов оценки характеристик полученной аномалии с помощью доплеровских методов при УЗИ.

В процессе работы был произведен подбор материала, имитирующего биологическую ткань, подбор материала для имитации минеральных включений, проведен эксперимент по испытанию методов оценки характеристик минеральных включений.

В результате работы был получен фантом для оценки характеристик минеральных включений. Разработанный фантом представляет собой слой, имитирующий биологическую ткань, содержащий аномалию в виде минеральных включений различных размеров. Получен фантом массой 200 г и размерами 12,5х6х4 см³.

Разработанный фантом с минеральными включениями используется для тестирования особого диагностического режима, предназначенного для обнаружения и оценки параметров почечных камней [2-4].

Литература

1. **Геворкян А.Р.** Анализ урологической заболеваемости взрослого населения г. Москвы за 2006-2015 гг.//Medicine in Kuzbass. 2017. Том 16, №2. С.49-54.

2. **Леонов Д.В., Кульберг Н.С., Громов А.И., Морозов С.П., Ким С.Ю.** Исследование причин возникновения мерцающего артефакта в доплеровских режимах ультразвукового медицинского диагностического устройства// Акустический журнал. 2018. №1. С. 100-111.

3. **Леонов Д.В., Кульберг Н.С., Громов А.И., Морозов С.П., Владимирский А.В.** Режим обнаружения твердых минеральных включений при медицинской акустической визуализации// Акустический журнал. 2018. №5. С. 618-631.

4. **Кульберг Н.С., Громов А.И., Леонов Д.В., Осипов Л.В., Усанов М.С., Морозов С.П.** Диагностический режим обнаружения кальцинатов и конкрементов при ультразвуковом исследовании// Радиология-практика. 2018. №1. С. 37-49.

**В.А. Подмосковная, студ.; рук-ли Е.В. Шалимова, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»); Д.В. Леонов, н.с. (ГБУЗ «НПЦМР ДЗМ», Москва)**
**РАЗРАБОТКА ФАНТОМА ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ
ДОПЛЕРОВСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В настоящее время очень остро ставится вопрос повышения качества и продолжительности жизни. Сейчас в РФ средняя продолжительность жизни чуть превышает 71 год. Одна из важных причин смертности — ошибка при постановке диагноза, связанная с недостаточным вниманием к техническому состоянию диагностического, в том числе, ультразвукового, оборудования и к диагностическому качеству получаемой информации.

Для оперативной и корректной оценки состояния диагностического устройства и постоянства его параметров применяется специальное оборудование — фантомы. Они изготовлены из тканемитирующего материала, в котором воспроизводятся условия прохождения ультразвуковых сигналов в тканях человека [1].

Целью работы было создание доплеровского фантома для исследования кровотока. Ультразвуковые исследование характеристик кровотока с помощью доплеровских режимов очень важны как в клинической практике, так и в научно-исследовательской деятельности.

Предложен способ изготовления доплеровского фантома с двумя сосудами диаметрами 4½ и 6 мм. Скорость звука в материале фантома близка к 1540 м/с и затухание составляет 0,7 дБ/см·МГц. Выполнено сравнение изготовленной модели с серийно выпускаемым фантомом *Gammex 1430* и с данными *in vivo*. Для анализа разработаны специализированные алгоритмы на основе программы [2]. Анализировался тип потока, распределение скорости, дисперсии и пр. Наибольшая скорость потока в сосудах изготовленной модели близка к 10 см/с, что соответствует скорости движения крови по полым венам человека [3].

Полученный фантом может быть полезен разработчикам медицинской техники [2, 4].

Литература

1. Прохоров Д.В. Оборудование для контроля технического состояния и качества визуализации ультразвуковых сканеров//Медицинский бизнес. 2010. №3. С. 39–42.
2. Кульберг Н.С., Леонов Д.В. Программа обработки и анализа сигналов ультразвуковой визуализации в режиме цветового доплеровского картирования кровотока // Реестр программ для ЭВМ. №2018617330 от 21.07.2018.
3. Судаков К.В. Физиология. Основы и фундаментальные системы: курс лекций. М.: Медицина. 2000.
4. Леонов Д.В., Фин В.А. Концепция разработки современного отечественного ультразвукового медицинского диагностического устройства экспертного класса нового поколения// Биомедицинская радиоэлектроника. 2014. № 1. С. 59-62.

А.С. Никитина, студ.; рук. Т.В. Истомина, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**РАЗРАБОТКА БАЗЫ ВЕРИФИЦИРОВАННЫХ
СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ**

Для решения задач диагностики и реабилитации крайне актуально применение компьютерной стабилومتрии — метода регистрации проекции центра масс тела на плоскость опоры и его колебаний при использовании стабилOMETРИЧЕСКОЙ платформы [1]. Поддержание правильного баланса, оцениваемое при стабилOMETРИЧЕСКИХ исследованиях — активный процесс, в котором участвуют многие функциональные системы организма: опорно-двигательная, центральная и периферическая нервная системы, проприорецептивная и зрительная системы [2].

С целью оценки стабилOMETРИЧЕСКИХ параметров проводились тесты Ромберга, состоящие из двух режимов: с открытыми и закрытыми глазами в европейской стойке обследуемого на стабилОПЛАТФОРМЕ, когда стопы расположены под углом 30^0 и в положении сидя [3]. В ходе работы были проанализированы значения теста Ромберга по следующим стабилOMETРИЧЕСКИМ параметрам: среднее положение центра давления, площадь статокинезиограммы, коэффициент LFS, коэффициент Ромберга.

Разработана структура базы верифицированных стабилOMETРИЧЕСКИХ данных, критериями для классификации которой являются: пол, рост, различное положение студента на платформе, факт наличия или отсутствия двигательных патологий у обследованных, а также обучаемость стабилOMETРИЧЕСКИМИ тестами. Основой базы являются записи вышеуказанных стабилOMETРИЧЕСКИХ сигналов, снимаемых со студентов в МЭИ и МГГЭУ.

Таким образом, в результате работы составлена верифицированная база данных, на основе которой целесообразно формировать статические нормативы по перечисленным параметрам, производить разработку и тестирование алгоритмов диагностики, оценивать эффективность различных методик реабилитации.

Литература

1. **Биомера/** Электронные средства измерений/ СтабилOMETРИЯ — <https://www.biomera.ru/education/stabilometria/>
2. **Скворцов Д.В.** СтабилOMETРИЧЕСКОЕ исследование: краткое руководство/ Д. В. Скворцов — М.: Маска, 2010. — 172 с.
3. **Istomina T.V., Istomin V.V., Badeeva E.A., Murashkina T.I.** etc. Development of Sensors and Systems for Remote Multidiagnostics and Rehabilitation for Medicine / 5th Mediterranean Conference on Embedded Computing MECO-2016 . – Montenegro, Bar. - 12-16 June 2016. –pp.432-435. – IEEE Catalog Number 978-1-5090-2221-2.

*Н.А. Журавлева, асп.; В.А. Белов, студ., И.И. Трифонов, студ.;
рук. М.Н. Крамм, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)»*

ОТОБРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА НА ДВУМЕРНОЙ РАЗВЕРТКЕ ПОВЕРХНОСТИ ЭПИКАРДА

Оценить электрическое состояние клеток сердца можно по картам потенциалов, снятых с поверхности торса, но более подробную информацию дают карты потенциалов, рассчитанные на поверхности сердца (решение обратной задачи кардиографии). Если поверхность сердца берется реалистичная, то необходимо отобразить полученные результаты на плоскость для наглядности и удобства интерпретации врачом. Поверхность эпикарда разбивается на треугольники [1], в которых потенциал постоянен. Вершины этих треугольников предлагается перенести на эллипсоид, описанный вокруг эпикарда и касающийся эпикарда в ряде вершин. Далее рассчитывались угловые координаты точек на эллипсоиде и строилась псевдоцилиндрическая проекция [2]. На рис. 1 изображен потенциал, создаваемый модельным дипольным источником на триангуляционной модели сердца в 3D (а) и на плоской развертке поверхности эллипсоида (б). Линия нулевых координат $x_{рг}$ соответствует линии нулевых долгот на 3D модели и проходит примерно по границе правого и левого желудочка.

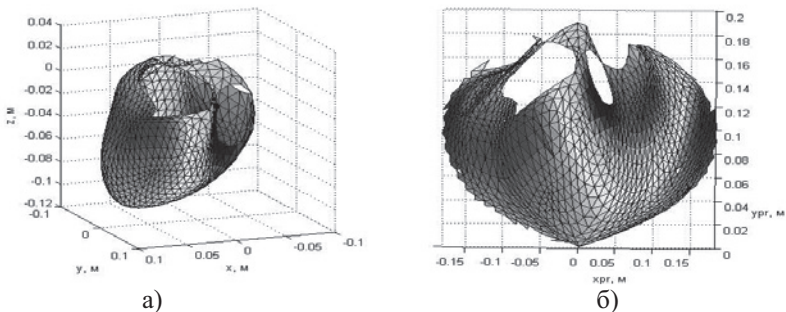


Рис. 1. Потенциал на поверхности эпикарда без сосудов (а) и ее развертка на плоскость (б)

Литература

1. **Белов В.А., Крамм М.Н.** Разработка реалистичной модели эпикарда для картирования распределения электрического потенциала // Радиотехника, электротехника и энергетика: XXIV МНТК студентов и аспирантов: Тез. докл. М.: ООО «Центр полиграфических услуг «Радуга», 2018. С. 177.
2. **Лебедева О.А.** Картографические проекции. Новосибирск: Новосибирский учебно-методический центр по ГИС и ДЗ, 2000. – 35 с.

Т.Л.Н. Чыонг, А.А. Гуцин, студенты.; рук. М.Н. Крамм, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСОГО ГЕНЕРАТОРА СЕРДЦА НА СФЕРИЧЕСКОМ КВАЗИЭПИКАРДЕ

В работе мы используем реалистическую модель торса для решения обратной задачи электрокардиографии. Решение этой задачи дает более детальную диагностическую информацию по характеристикам реконструированного генератора сердца, чем информацию дает ЭКГ.

После загрузки координат электродов и их потенциалов, мы делаем интерполяцию наружных потенциалов на поверхности торса. Нами рассчитывалась матрица G_{hb} [1], связывающая массив измеренных потенциалов на поверхности торса и массив нормальных производных потенциалов на поверхности сферического квазиэпикарда. Используя эту матрицу и массив интерполированных потенциалов на поверхности торса, мы получим массив нормальных производных потенциалов на поверхности квазиэпикарда g_n [1].

Как показывают результаты, с ростом числа разбиений точек по высоте N и периметру торса $2N$, изображения становятся более детальными. В соответствии с обусловленностью матрицы G_{hb} мы выбирали $cond_border$ – количество используемых сингулярных чисел в разложении матрицы G_{hb} (остальные сингулярные числа обнулялись). На рис.1 приведен пример реконструкции производной потенциалов на двумерной развертке поверхности квазиэпикарда при $N = 40$ с разными значениями $cond_border$.

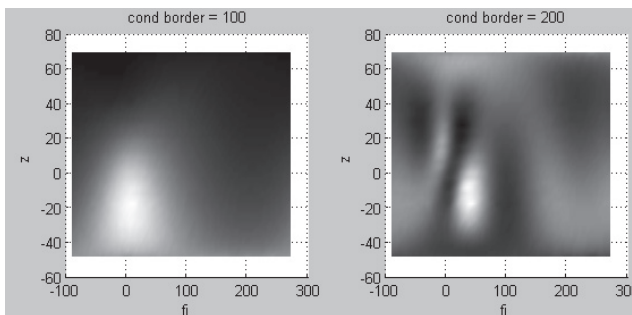


Рис. 1. Реконструкция производной потенциалов на поверхности квазиэпикардаю

Литература

1. Крамм М.Н., Палютина Ю.А., Стрелков Н.О. Анализ погрешности расчета электрических потенциалов, создаваемых поверхностным источником в проводящем цилиндре конечной длины. // Журнал радиоэлектроники. – 2016. – № 6. – [Электронный ресурс]. – URL <http://jre.cplire.ru/jre/jun16/4/text.html> (дата обращения 04.12.2018).

*А.И. Черников, асп., И.Д. Зинин, студ.; рук. М.Н. Крамм, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕНТРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА

В ранее проведенных работах [1, 2] мы доказали, что исследование электрической активности сердца лучше проводить, зная потенциалы на поверхности максимально приближенной непосредственно к эпикарду. Это увеличивает точность полученных результатов. В качестве такой поверхности был выбран эллиптический цилиндр (рис. 1). Мы задались декартовой системой координат и в нынешнем исследовании попытались определить непосредственно координаты центра электрической активности.

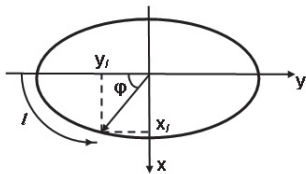


Рис. 1. Рассматриваемая модель

Для расчета координаты центра электрической активности сердца был использован следующий метод: по найденным распределениям электрического потенциала [3] были рассчитаны длины дуг l поверхности внутреннего цилиндра, средневзвешенные по распределению потенциала. Зная длину дуги l можно рассчитать угол φ (рис. 1), используя нормальный эллиптический интеграл Лежандра. Зная угол φ , можно найти проекцию точки на соответствующую координатную ось, и, таким образом, определить координаты x_l и y_l центра электрической активности сердца.

В результате расчетов получилось следующее: при определении угла для дипольного модельного источника, имитирующего электрическую активность сердца и расположенного по центру вспомогательной поверхности, ошибка составляет $1-2^\circ$, что, при пересчете в координаты, составляет ошибку в 1-5 мм для любой ориентации диполя.

Литература

1. Бодин О. Н., Бодин А. Ю., Жихарева Г. В., Крамм М. Н., Палютин Ю. А., Стрелков Н. И., Черников А. И. Способ неинвазивного определения электрофизиологических характеристик сердца // Патент РФ № 2651068. 2018.
2. Крамм М.Н., Черников А.И., Палютин Ю.А., Журавлева Н.А. Анализ устойчивости при реконструкции электрических источников сердца на поверхности квазиэпикарда // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии: доклады 13-й междунауч.-техн. конф. Книга 1 – Владимир: 2018.
3. Крамм М.Н., Черников А.И. Определение области электрической активности сердца // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Двадцать третья Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. В 3 т. Т. 1. М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – 356 с.

Т.А. Бровко, О. В. Глухов, студ.; рук. Р.С. Куликов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Чистые помещения являются неотъемлемой частью медицинских учреждений. Они необходимы в операционных блоках, палатах интенсивной терапии и родильных отделениях. Чтобы помещение могло считаться чистым, в нем необходимо поддерживать в определенных границах климатические параметры, в том числе температуру [1].

Целью работы являлась разработка программного обеспечения для визуализации полей термодинамического распределения.

В ходе работы были решены следующие задачи: 1) разработана двумерная математическая модель распределения температуры в помещении с помощью программного пакета MATLAB; 2) написана на языке программирования Python нейронная сеть, основная функция которой – это интерполяция и экстраполяция температурных данных, полученных с помощью распределенной сенсорной радиосистемы термисторов; 3) для обучения и тестирования нейронной сети были созданы выборки показаний датчиков с помощью программного пакета bSigma.

Суть задачи интерполяции данных нейронной сетью состоит в следующем: имеются несколько значений температур в отдельных точках и необходимо обучить сеть так, чтобы наилучшим образом множество значений температур на всей рассматриваемой плоскости [2].

Разработанное программное обеспечение позволяет получать информацию о температуре в любой точке помещения при малом количестве датчиков. Это возможно за счет большой выборки данных, с помощью которой была обучена нейронная сеть. Моделирование проводилось для помещения размерами 4×4 м и распределенной сенсорной сети из 16 датчиков. Результаты, полученные с помощью нейронной сети, имеют СКО ≈ 0.4 °С относительно реального распределения.

Литература

1. **Федотов А.Е.** Чистые помещения. Проблемы, теория, практика. М.: АСИНКОМ, 2003.
2. **Филатова Т.В.** Применение нейронных сетей для аппроксимации данных // Вестн. Том. гос. ун-та. 2004. № 284.

С.В. Скворцова, студ.; рук. Г.В. Жихарева, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЭГ-СИГНАЛОВ
 КАК ФРАКТАЛЬНЫХ СТРУКТУР**

Электроэнцефалография (ЭЭГ) применяется для исследования больных в области нейрохирургии, неврологии, психиатрии, эндокринологии и др. Она имеет неоспоримую ценность для определения функциональных и морфологических особенностей головного мозга.

ЭЭГ-сигналы в целом являются нестационарными случайными процессами, но их короткие сегменты (~1-2 с) можно считать квазистационарными и рассматривать как фрактальные структуры с размерностью D . Таким образом, фрактальная размерность D характеризует ЭЭГ-сигнал на квазистационарном сегменте и является информационным диагностическим параметром [1].

Существует различные алгоритмы определения фрактальной размерности [2]. Для их программной реализации и исследования необходимо иметь ЭЭГ-сигналы с известной фрактальной структурой. Цель настоящей работы – моделирование таких сигналов. При моделировании квазистационарные сегменты ЭЭГ-сигнала рассматривались как сигналы с аддитивной фрактальной структурой (САФС) [3]:

$$w(t, \lambda) = \sum_{k=k_H}^{k_B} \sin(\omega^2) \lambda \quad \varphi_0, k_t + k$$

где λ – безразмерная опорная частота, ω_0 – начальная круговая частота спектра сигнала, k_B, k_H – номера первой и последней составляющих ряда. Параметры САФС были подобраны таким образом, чтобы их спектральная плотность мощности соответствовала спектральной плотности мощности квазистационарных сегментов реальных ЭЭГ-записей с преобладающими α и β -ритмами.

Моделирование и анализ результатов моделирования ЭЭГ-сигналов проведены в математическом пакете MatLab.

Результаты моделирования будут применены для анализа различных алгоритмов определения фрактальной размерности с целью выявления оптимального с точки зрения точности определения параметра D .

Литература

1. **Fractal** Dimension of EEG Activity Senses Neuronal Impairment in Acute Stroke / F. Zappasodi, E. Olejarczyk, L. Marzetti et al. // PLoS ONE 9(6): e100199. doi:10.1371/journal.pone.0100199. 2014.
2. **Имашев С.А., Сычев В.Н.** Оценка возможностей применения методов фрактального анализа для исследования геофизических данных. Часть 1. Обзор методов оценки параметра Херста // Вестник КРСУ. 2017. Том 17. № 5.
3. **Хандурин А. В.** Широкополосные фрактальные сигналы. М: Издательство МЭИ, 2015.

*А.А. Дымченко студ.; рук. В.С. Малышев, к.т.н., д.б.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В РЕСПИРАТОРНОМ ЦИКЛЕ

Проведен сравнительный анализ респираторного цикла с помощью компьютерного диагностического комплекса «Паттерн». Получено табличное, количественное и графическое отображение временных частей цикла, на основе которых возможно оценивать энергетические параметры отдельных фаз. С помощью результатов проведенного эксперимента, можно будет делать выводы о состоянии респираторного цикла пациента [1].

В общем случае, динамика изменения отображается на паттерне дыхания, полученного методом компьютерной бронхофонографии респираторного цикла [2].

В общем случае, паттерн отображает структуру цикла, состоящего из нескольких фаз: фазы вдоха, межфазовых временных отрезков и фазы выдоха.

При эксперименте портретирование респираторного цикла производилось неоднократно.

Далее, в соответствии с планом эксперимента, произведена оценка площади под соответствующей кривой. В определенной мере эта оценка может быть соотнесена с оценкой энергетических параметров элементов респираторного цикла: пауз вдоха и выдоха для каждой регистрации. Математическая интерпретация результатов в форме полиномов предназначаются для процедуры сравнения с установленными предварительно показателями спирометрии. Оценки энергетических характеристик получаются по известным выражениям.

Эксперимент показал: оценка мощности паузы вдоха по первой регистрации 0,043 мкВт, по второй – 0,533 мкВт; оценка мощности паузы выдоха – 0,011 и 0,114 мкВт соответственно. Зафиксированные различия в оценках объясняются тем, что во время второй регистрации носовые дыхательные пути пациента были перекрыты с целью имитации форсированного маневра, вследствие чего время пауз респираторного цикла сократилось, а оценка мощности пауз увеличилась.

Литература

1. **Геппе Н.А., Малышев В.С.** Компьютерная бронхофонография респираторного цикла. / Под ред. Н.А. Геппе, В.С. Малышева – М.: Медиа Сфера, 2016. – 108 с.
2. **Горячев А.С., Савин И.А.** Основы ИВЛ. М.: Медиздат, 2016. – 61 с.

*Н.С. Васильева, студ.; Я.А. Куприянова, асп.;
рук. Г. В. Жихарева, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ СЕРДЦА ПРИ РЕШЕНИИ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ

Основанный на исследовании электрических потенциалов подход к диагностике сердечных патологий перспективен в силу безопасности и доступности. Однако, используемая в настоящее время система 12 общепринятых отведений не раскрывает всех возможностей электрокардиографии (ЭКГ).

Актуальна разработка алгоритмов решения обратной задачи ЭКГ – локализации эквивалентных источников на поверхности квазиэпикарда, которые порождают распределения электрических потенциалов на поверхности грудной клетки. Такой подход позволит повысить информативность ЭКГ-обследований.

При решении обратной задачи ЭКГ целесообразно моделировать поверхность квазиэпикарда неподвижной сферой, по поверхности которой распределены эквивалентные токовые источники. [1]

Результаты реконструкции эквивалентных токовых источников на квазиэпикарде требуют физиологической интерпретации. Для этого необходимо, в первую очередь, разделить поверхность квазиэпикарда на области предсердий и желудочков. В настоящей работе предложен алгоритм определения областей сердца, основанный на пространственно-временном анализе распределений эквивалентных токовых источников на квазиэпикарде. В алгоритме учитываются особенности появления максимальных по величине источников в различных отделах сердца.

Для апробации алгоритма с помощью модели генератора сердца [2] были рассчитаны распределения эквивалентных токовых источников на поверхности квазиэпикарда для дискретных моментов времени одиночного кардиоцикла. Применение к моделированным распределениям разработанного алгоритма показало адекватное разделение поверхности квазиэпикарда на области предсердий и желудочков.

В перспективе аналогичный подход планируются применить для выделения признаков синусового узла, локализации верхушки сердца и определение путей возбуждения предсердий и желудочков.

Литература

1. **Титомир Л.И., Кнеппо П.** Математическое моделирование биоэлектрического генератора сердца. — М.: Наука. Физматлит, 1999.
2. **Афшар Э., Жихарева Г.В., Куприянова Я.А.** Моделирование испытательных электрокардиографических сигналов при наличии ишемии миокарда. // Вестник МЭИ. – 2015. – № 4. С. 86-91.

*А.А. Особов, студ.; Я.А. Куприянова, асп.; рук. Г.В. Жихарева, к.т.н.,
доц. (НИУ «МЭИ»)»*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ КВАЗИЭПИКАРДА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ

При решении обратной задачи электрокардиографии – реконструкции распределений эквивалентных токовых источников на поверхности сердца по электрическим потенциалам, измеренным на поверхности грудной клетки [1] – возникает задача определения поверхности сердца как места расположения эквивалентных источников. Данную поверхность можно определить с помощью компьютерной томографии или ультразвуковых исследований, но эти методы требуют дорогостоящего оборудования и квалифицированного медицинского персонала. В работе [2] предложен другой подход – определение поверхности миокарда непосредственно по электрическим потенциалам, измеренным на поверхности грудной клетки.

Исследование алгоритма, представленного в работе [2], на моделированных сигналах от источников, распределенных по поверхностям различных форм, показало его слабую чувствительность к форме поверхности. К тому же, реальное сердце в различные моменты времени кардицикла принимает различную форму. Поэтому в настоящей работе было проведено упрощение алгоритма [2] с использованием сферической поверхности квазиэпикарда. Таким образом, искомыми параметрами являлись радиус сферы и ее пространственное положение в грудной клетке.

Введенные изменения алгоритма позволили отказаться от ряда шагов, направленных на определение особенности формы. Кроме того, в работе предложено начинать поиск пространственного положения источника, опираясь на статистические данные о типовых размерах и положении сердца, представленных в монографии [2]. Все эти меры привели к существенному увеличению быстродействия алгоритма практически без потери точности.

Литература

1. **Титомир Л.И., Кнеппо П.** Математическое моделирование биоэлектрического генератора сердца. — М.: Наука. Физматлит, 1999.
2. **Пурденко В.А. Жихарева Г.В.** Определение поверхности миокарда спектральным алгоритмом // Радиотехника, электротехника и энергетика: Тезисы докладов XX МНТК студентов и аспирантов: В 4 т. Т. 1. М.: Издательский дом МЭИ, 2014.
3. **Титомир Л.И., Трунов В.Г., Айду Э.А.И.** Неинвазивная электрокардиотопография. М.: Наука, 2003.

Л.А. Пилягина, студ.; рук. С.В. Владимиров, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
ОПТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КРОВИ

В медицине одной из важнейших областей является мониторинг показателей дыхания с целью контроля процесса газообмена между организмом и окружающей средой. Контроль газа крови включает определение содержания растворенного кислорода и углекислого газа. На сегодняшний день самым распространенным методом контроля химического состава является пульсоксиметрия.

В основном транспортировка кислорода в крови осуществляется с помощью эритроцитов, за счет вступления в химическую реакцию содержащегося в них гемоглобина с кислородом. Гемоглобин, вступивший в реакцию с кислородом, называется оксигемоглобином (HbO₂). Восстановленный гемоглобин, не содержащий кислорода, называется дезоксигемоглобином (Hb). Принцип действия пульсоксиметра основан на способности оксигемоглобина и дезоксигемоглобина абсорбировать свет различной длины волны: HbO₂ больше абсорбирует инфракрасное излучение, а Hb – красное.

Оптический анализатор химического состава крови построен на базе интегрального датчика MAX30100 [1]. Для обработки данных используется микроконтроллер ATmega328P, интегрированный в платформу. Платформа считывает показания с датчика, анализирует их и отправляет на устройство визуализации – жидкокристаллический экран. Интегральный датчик MAX30100 представлен на рис. 1.

В одном корпусе датчика объединены два светодиода (с длинами излучающих волн 660 нм и 880 нм), фотодетектор, подобранные с необходимыми характеристиками оптические элементы и малошумящая аналоговая схема для обработки и регистрации сигналов пульса и содержания кислорода в крови. За счет наличия двух светодиодов данный датчик способен определять частоту сердечного ритма и насыщение артериальной крови кислородом – сатурацию, что позволяет его использовать в составе монитора сердечного ритма.

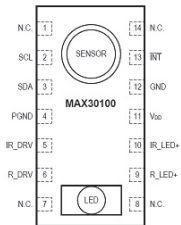


Рис. 1. Интегральный датчик MAX30100

Литература

1. **MAX30100** [Электронный ресурс] – URL: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30100.pdf>

*Н.А. Белянкин, студ.; А.А. Меркулов, асп.;
рук. Г.Д. Лобов, к.т.н., профессор (НИУ «МЭИ»)*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЗЛОВ ИМПЛАНТИРУЕМОГО ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПАВ

В представленной работе рассматриваются подходы к созданию антенны для имплантируемого датчика температуры на поверхностных акустических волнах (ПАВ) в диапазоне частот 2.45 ГГц. Для облегчения процедуры имплантации, размеры датчика ограничены длиной 1 см и диаметром 3 мм. Параметром, по которому будет производиться измерение температуры являться резонансная частота датчика на ПАВ. Она будет изменяться за счет изменения расстояний между элементами резонатора и изменения скорости распространения ПАВ в пьезокристалле. В процессе работы в программе COMSOL была создана модель, содержащая электромагнитные параметры участка тела животного, в которую должен быть имплантирован датчик, и, собственно, антенны, конструкции которых предлагаются для имплантации.

В работе были рассмотрены основные виды антенн, которые можно реально встроить в заданные ограниченные размеры. Наилучшими вариантами оказались полуволновые вибраторы, свернутые в меандр и спираль. Оба вида антенны были введены в модель. Проведено моделирование при различных условиях (изменение толщины кожи, толщины подкожной прослойки жира, изменение глубины положения датчика). По результатам моделирования было выяснено, что наилучшим вариантом является меандр (рис. 1), так как он, в среднем, обеспечивал напряженность электромагнитного поля в дальней зоне действия антенны на 26% больше, нежели вибратор, свернутый спиралью.

Расчеты показали, что при имплантации датчика в наихудших условиях для распространения электромагнитных волн (0.5 см кожи и 1 см жировой ткани) ожидается ослабление сигнала порядка 134 дБ от энергии излучения опрашивающим устройством до приема сигнала, переотраженного датчиком. Такой уровень потерь позволяет использовать данные виды антенн для дистанционного мониторинга здоровья биологических объектов.

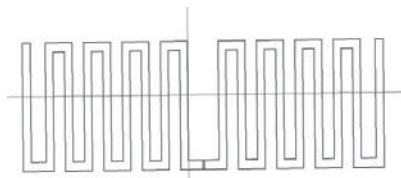


Рис. 1 Вид антенны в модели

Направление

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научный руководитель направления —
директор АВТИ, д.т.н., доцент В.П. Лунин

Секция 13

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Руководитель секции: Вестфальский Алексей Евгеньевич

Секретарь секции: Бирюков Алексей Михайлович

*Овсянкин В.И., студ.; рук. С.В. Ширинский, к.т.н.
(НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ТОКА

Тяговый двигатель пульсирующего тока НБ-514 предназначен для преобразования электрической энергии, получаемой из контактной сети, в механическую, передаваемую с вала двигателя на колесную пару электровоза.

Конструктивными особенностями двигателей пульсирующего тока является наличие шихтованных вставок в остове и шихтованных дополнительных полюсов, большее число пар полюсов и наличие компенсационной обмотки.

По сравнению с двигателем, работающем на постоянном токе, при работе двигателя на пульсирующем токе возникают следующие добавочные потери: в меди обмоток от повышения действующего значения тока и вихревых токов; в стали магнитопроводов и массивных металлических деталях, образующих короткозамкнутые витки, от пульсации магнитных потоков.

На рисунке 1 показаны идеализированные кривые выпрямленного напряжения и тока.

Целью работы является анализ пульсаций тока, их влияния на работу машины, а также создание модели, учитывающей эти пульсации.

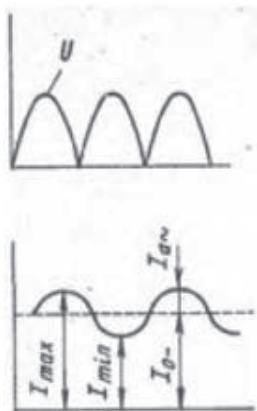


Рис.1

Литература

1. **Б.А. Тушканов, Н. Г. Пушкарев, Л. А. Позднякова и др.** Электровоз ВЛ85: Руководство по эксплуатации // Издательство: М.: Транспорт. , 1992. 480 с.
2. **Х.Я. Быстрицкий, З.М. Дубровский, Б.Н.Рибрик.** Устройство и работа электровозов // Издательство: М.: Транспорт. 1982. 230 с.
3. **М.Д. Находкина, Г.В. Василенко, В.И. Бочаров, М.А. Козорезов.** Проектирование тяговых электрических машин // Издательство: М.: Транспорт. 1976. 623 с.

*Я.Ю. Кузив, аспирант; рук. Л.А. Севастьянов, д.ф.-м.н., проф.
(Российский университет дружбы народов, Москва)*

КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

В этой работе рассматривается решение дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка заданных на нескольких подобластях и описание метода ее решения.

Задача решается в пространстве R^5 , точками которого служат всевозможные наборы (x, y, z, p, q) , которое поделено на несколько областей G_1, \dots, G_k . Заданы эти области в виде неравенств G_1, \dots, G_k и символьных выражений для F_1, \dots, F_k , такие что $F|_{G_i} = F_i, \forall i = 1, \dots, k$. Общее нелинейное уравнение в частных производных первого порядка с двумя независимыми переменными имеет вид

$$F(x, y, u, p, q) = 0, \quad (1)$$

где $p = \frac{\partial u}{\partial x}, q = \frac{\partial u}{\partial y}$. Такие уравнения часто встречаются в аналитической механике, теории оптимального управления, геометрической оптике и во многих других областях. Например, мы можем решать уравнения геометрической оптике, такие как уравнение эйконала [1]. Уравнения будут решаться с помощью метода характеристик. Для этого надо свести уравнение к характеристической системе обыкновенных дифференциальных уравнений [2,3]

$$\frac{dx}{F_p} = \frac{dy}{F_q} = \frac{du}{p \cdot F_p + q \cdot F_q} = \frac{-dp}{F_x + p \cdot F_u} = \frac{-dq}{F_y + q \cdot F_u}, \quad (2)$$

где $F_x = \frac{\partial F}{\partial x}, F_y = \frac{\partial F}{\partial y}, F_u = \frac{\partial F}{\partial u}, F_p = \frac{\partial F}{\partial p}, F_q = \frac{\partial F}{\partial q}$.

Из (2) мы можем найти кривые, именуемые характеристиками. В начале, мы задаем начальные значения для каждой характеристики, определяющие его поведение в начальный момент времени, так чтобы (1) являлось тождеством. Этот метод был реализован на объектно-ориентированном языке программирования Python с использованием пакета SymPy.

Литература

1. **Enquist B., Runborg O.** Computational high frequency wave propagation. // Acta Numerica. —2003.—Vol. 12. —pp. 181–266.
2. **Зайцев В.Ф., Полянин А.Д.** Справочник по дифференциальным уравнениям в частных производных первого порядка. —Физико-математическая литература, 2003.—416 с.
3. **Гурса Э.** Курс математического анализа. М.-Л.: Государственное технико-теоретическое издательство, 1933. —Т. 2. —Ч. 1.—271 с.

*О.И. Петрусев, А.О. Фомченков, студ.; рук. М.В. Жендарёв к.т.н., доц.
(Филиал МЭИ в г. Смоленске)*

РАСЧЕТ РЕАКЦИИ НА ВЫХОДЕ ЛИНЕЙНОЙ ДИСКРЕТНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСКРЕТНОЙ СВЕРТКИ ПРИ ПОМОЩИ ПЕРЕХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Получить реакцию на выходе линейной дискретной системы можно различными способами. Одним из них является дискретная свертка. Но при расчете отклика данным методом возникает проблема, связанная с тем, что в формуле дискретной свертки присутствует функция Дирака. Данную задачу можно решить с помощью переходной характеристики.

В данном исследовании были рассмотрены неразветвленная RLC -цепь с параметрами $R = 200 \text{ Ом}$, $L = 0,3 \text{ Гн}$, $C = 1 \text{ мкФ}$ и входное воздействие $x(t) = 5\sin(200\pi t)$, действующее на временном интервале от 0 с до $0,005 \text{ с}$.

На первом этапе проводилась дискретизация по времени входного сигнала [2]. В результате этого, из непрерывной функции $x(t)$ получилась дискретная последовательность отсчетов $x(n)$. Далее проводилось дифференцирование дискретного сигнала [1].

На втором этапе рассчитывалась передаточная функция цепи и находилась переходная характеристика. Затем проводилась дискретизация данной характеристики, в результате чего, из непрерывной функции $h(t)$ получилась дискретная последовательность отсчетов $h(n)$. После проведенных вычислений, рассчитывались дискретные отсчеты выходного сигнала [2].

На третьем этапе вычислялась реакция на выходе цепи с использованием интеграла свертки. Далее проводилась дискретизация полученного выходного сигнала, в результате чего, из непрерывной функции $y(t)$ получилась дискретная последовательность отсчетов $y(n)$. Далее вычислялось среднеквадратическое отклонение (СКО). При $N = 31$ и $N = 101$ СКО получились соответственно $0,17 \text{ В}$ и $0,05 \text{ В}$.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о том, что при получении выходного сигнала с помощью дискретной свертки, вместо импульсной характеристики можно использовать также и переходную характеристику. Этот способ целесообразно использовать, когда импульсная характеристика содержит в своем математическом описании функцию Дирака.

Литература

1. Солонина А. И., Улахович Д. А. Линейные дискретные системы. учеб. пособие. СПб.: СПбГУТ, 2005. 76 с.

2. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов. Изд 2-е пер. с англ. М.: ООО Бинум-Пресс, 2006. 656 с.

А.С. Мигаева, студ.; рук. А.В. Перескоков, д.ф.-м. н., проф. («НИУ МЭИ»)

АСИМПТОТИКА СПЕКТРА АТОМА ВОДОРОДА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И МАГНИТНОМ ПОЛЯХ ВБЛИЗИ НИЖНИХ ГРАНИЦ СПЕКТРАЛЬНЫХ КЛАСТЕРОВ

Рассматривается задача на собственные значения в $L^2(\mathbb{R}^3)$ для атома водорода в однородном электромагнитном поле, нерелятивистский гамильтониан которого имеет вид

$$\mathbb{H} = \mathbb{H}_0 + \varepsilon \mathbb{M}_3 + \varepsilon e_1 x_1 + \varepsilon^2 \mathbb{W}, \tag{1}$$

где

$$\mathbb{H}_0 = -\Delta - \frac{1}{|x|}, \quad \mathbb{M}_3 = ix_2 \frac{\partial}{\partial x_1} - ix_1 \frac{\partial}{\partial x_2}, \quad \mathbb{W} = \frac{(x_1^2 + x_2^2)}{4}.$$

Здесь $x = (x_1, x_2, x_3)$ — декартовы координаты в \mathbb{R}^3 , Δ — оператор Лапласа, $e_1 \geq 0$ — параметр, $\varepsilon > 0$ — малый параметр. Магнитное поле направлено вдоль оси x_3 , а электрическое поле вдоль оси x_1 . Напряженности полей являются величинами одного порядка малости ε .

Задача об атоме водорода представляет большой физический и математический интерес. Особенностью данной задачи является наличие в модели одновременно и электрического, и магнитного полей, которые скрещены между собой. В работе [1] с помощью нового интегрального представления была получена асимптотика спектра атома водорода в магнитном поле вблизи нижних границ спектральных кластеров, которые образуются около собственных значений невозмущенного оператора \mathbb{H}_0 . В данной работе, используя предложенные в [1] методы, для оператора с гамильтонианом (1) найдена асимптотика собственных значений вблизи нижних границ спектральных кластеров.

Произведем регуляризацию, усреднение и выполним когерентное преобразование. В результате приходим к дифференциальному уравнению Гойна второго порядка с четырьмя регулярными особыми точками в комплексной плоскости. Для такого уравнения вначале изучается вспомогательная многоточечная спектральная задача в классе антиголоморфных функций с равными нулю характеристическими показателями в конечных особых точках. Далее асимптотика искомого многочлена получается в результате проецирования асимптотического решения многоточечной спектральной задачи на пространство $\mathcal{P}[m, n]$ многочленов степени не выше $n - |m| - 1$.

В результате при $1 \ll n \ll \varepsilon^{-1/5}$, $5^{-1/2}n < |m| < n$ и e_1 порядка n^{-1} найдена серия собственных значений с асимптотикой

$$E_k = -\frac{1}{4n^2} + \varepsilon |m| \sqrt{9e_1^2 n^2 + 1} + \frac{1}{2} \varepsilon^2 n^6 + \frac{\varepsilon^2 n^8}{m^2} + \frac{\varepsilon^2 n^6 (2k + 1)}{m^2 \sqrt{(1 + 9n^2 e_1^2)}} \sqrt{4m^2 (1 + 9n^2 e_1^2) + ((1 + 9n^2 e_1^2) - 2)(n^2 - m^2)} + O(\varepsilon^2 n^4) + O(\varepsilon^3 n^{10}), \quad k = 0, 1, 2, \dots,$$

которая описывает расщепление спектра атома водорода.

Литература

1. **Перескоков А. В.** Асимптотика спектра атома водорода в магнитном поле вблизи нижних границ спектральных кластеров. // Труды Московского математического общества. 2012. Т. 73, № 2. С. 277-323.

*С.Д. Полякова, студентка; рук. А.Б. Фролов, д.т.н., проф.
(НИУ МЭИ, Москва)*

НЕИНТЕРАКТИВНАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ ОТКРЫТЫХ КЛЮЧЕЙ

Открытые ключи могут использоваться в криптографических протоколах, если есть уверенность в их соответствии секретному ключу. Это достигается сертификацией открытого ключа. При этом владелец секретного ключа для получения сертификата должен доказать центру сертификации, что владеет секретным ключом, по которому он вычислил открытый ключ, не разглашая информации о нем. Эффективным протоколом доказательства с нулевым разглашением секрета является протокол Шнорра [1]. Его неинтерактивная версия предложена в [2]. Она исключает возможность нечестных действий проверяющего, так как проверка его открытого ключа не допускает превышение длины запроса.

Пусть в сети имеется n пользователей и для их взаимной аутентификации, например, по схеме неинтерактивного доказательства с нулевым разглашением и предназначенным верификатором [3] необходимы сертифицированные открытые ключи. Для этого участники должны иметь возможность получать на сервере сертификаты открытых ключей.

Сертификация может быть осуществлена двумя доверенными центрами ТС1 и ТС2 с использованием неинтерактивной версии протокола Шнорра.

ТС1 выбирает и публикует системные параметры протокола Шнорра и элемент U поля с неизвестным участникам значением $\log U$. ТС2 выбирает секретный, и вычисляет и публикует соответствующий открытый ключ неинтерактивной передачи [2]. ТС2 пересылает свой секретный ключ к ТС1 по секретному каналу. Участники пересылают к ТС1 свои открытые ключи и доказательства их соответствия секретному ключу, используя открытый ключ ТС2. ТС1 проверяет соответствие элементу U открытого ключа ТС2 и доказательства открытых ключей участников. Сертификаты открытых ключей публикуются на сервере ТС1.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, пр-т 19-01-00294.

Литература

1. **Shnorr C.P.** Efficient identification and signatures for smart cards // Proc.Crypto, 1990, 89, pp.239-252
2. **Фролов А.Б.** Понижение границы неустойчивости неинтерактивных протоколов идентификации // Вестник Московского энергетического института., 2015, № 1, С. 114-120.
3. **Венбо Мао.** Современная криптография. Теория и практика. — М. : Издательский дом "Вильямс", 2005.

*Н.А. Давыдова, студентка; рук. А.Б. Фролов, д.т.н., проф.
(НИУ МЭИ, Москва)*

О ЧИСЛЕ УМНОЖЕНИЙ ПРИ ВСКРЫТИИ СХЕМЫ БЛОМА

В данной работе оценивается число умножений при вскрытии (k, m) -схемы Блома предварительного распределения ключей [1,2]. Она задается симметричным многочленом $f(X_1, X_2, \dots, X_k)$ степени m по каждой переменной над полем F_p . Имеются n абонентов сети, $n \leq p$, которым назначены различные элементы r_1, r_2, \dots, r_n поля F_p . Для обеспечения конфиденц-связи между любыми k абонентами, абонентам передаются коэффициенты многочленов $f_i(X_2, \dots, X_k) = f(r_i, X_2, \dots, X_k), i = 1, \dots, n$.

По многочленам $f(r_i, X_2, \dots, X_k), i = 1, \dots, m+1$, исходный многочлен однозначно восстанавливается решением N_m^{k-1} систем линейных алгебраических уравнений ранга $m+1$. Число N_m^{k-1} отвечает при $N_1^k = k+1, N_m^1 = m+1$ рекуррентному уравнению $N_m^{k-1} = N_m^{k-2} + N_{m-1}^{k-1}$. При этом выполняется $M = N_m^{k-1} \times (m+1)^3$ операций умножения в поле F_p . Эти уравнения не являются независимыми, и некоторые коэффициенты исходного многочлена вычисляются двукратно. Поэтому, используя ранее вычисленные коэффициенты, ранг очередного уравнения можно понизить [2]. Последовательность $P(k, m)$ рангов решаемых уравнений при $P(1, m) = [m+1]$ и $P(k, 1) = [2, 1, \dots, 1]$ (здесь $k-1$ единица) получается по рекуррентному уравнению $P(k, m) = P(k-1, m) + P(k, m-1)$. Обозначим $P = P(k, m), t = N_m^{k-1}$. С учетом операций по снижению рангов уравнений и экспоненцированию $m+1$ элементов r_i число умножений при вскрытии (k, m) -схемы Блома есть

$$M' = (m^2 - 1) + \sum_{i=0}^l (P[i]^3 + (P[0] - P[i])P[i]).$$

Пример. $P(4, 5) = [6, 5, 4, 3, 2, 1, 5, 4, 3, 2, 1, 4, 3, 2, 1, 3, 2, 1, 2, 1, 1, 5, 4, 3, 2, 1, 4, 3, 2, 1, 3, 2, 1, 2, 1, 1, 4, 3, 2, 1, 3, 2, 1, 2, 1, 1, 3, 2, 1, 2, 1, 1, 2, 1, 1, 1]$

$$N_5^3 = 56, (m^2 - 1) + M = 12120, M' = 6156; M'/M = 0,5.$$

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 19-01-00294.

Литература

1. **Blom R.** Nonpublic key distribution // Advances in Cryptology. Proceedings of EUROCRYPT'82. Plenum. New York, 1983. P.231236.

2. **Фролов А.Б.** Об условия и алгоритме вскрытия (k, m) -схемы Блома. Сборник трудов научного семинара, посвященного памяти профессора З.М. Бененсона. Издательство: РАН. ВЦ им.А.А. Дородницына, 2019 г. (сдано в печать).

А.М.Ануфриев, студ.; рук. Ю.А. Горицкий, д.т.н., профессор (НИУ МЭИ)

Анализ точности определения баллистического движения по угловым измерениям

Вопросы, которые требуется проанализировать в работе, связаны с практически важной задачей определения орбит свободного движения тела в поле тяжести Земли по угловым измерениям.

Крупные объекты, находящиеся на низких околоземных орбитах постепенно замедляются и через какое-то время входят в атмосферу. Некоторые их фрагменты достигают поверхности планеты. Небольшие объекты космического мусора попадают в плотные слои атмосферы практически ежедневно.

В этой работе используется подход информационных оценок - многомерное неравенство Рао-Крамера, которое позволяет получить нижние границы дисперсий оценок параметров движения космического тела (КТ).

В данной работе рассматривается задача определения возможной точности параметров движения космических объектов в поле тяжести Земли по угловым измерениям со случайными ошибками в случае, когда наблюдатель и КТ находятся в одной плоскости.

Основной целью работы является нахождение точности оценок параметров орбиты. Для этого используется многомерное неравенство Рао-Крамера. В работе описан способ вычисления дисперсионной матрицы параметров орбиты, а также приведены некоторые численные результаты.

Основные результаты: построена модель измерительной системы; применена теорема Рао-Крамера к модели, и выписаны все элементы матрицы Фишера, позволяющие вычислить дисперсионную матрицу; разработан вычислительный алгоритм оценки точности параметров орбиты КТ и места падения; определена область допустимых параметров орбит; проведены численные расчеты, которые позволили сделать практические выводы

Литература

1. **Колесса А.Е.** Восстановление орбит по угловым измерениям. Радиотехника. М. РС-Пресс, 2005; №10 с. 5-9
2. **Боровков А.А.** *Математическая статистика* Новосибирск: Наука; издательство Института математики, 1997 – 772с.
3. **Эльясберг П.Е.** Введение в теорию полёта искусственных спутников Земли. М.: Наука, 1965 – 540с.
4. **Chang C.** Ballistic trajectory estimation with angle only measurements. IEEE Transactionson Automatic Control, 1980, vol. 25, no. 3, pp. 474-480. DOI: 10.1109/TAC.1980.

О. В. Глухов Т.А. Бровко, студ.; рук. Р.С. Куликов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНТЕРПОЛЯЦИИ И ЭКСТРАПОЛЯЦИИ ДИСКРЕТНЫХ ФУНКЦИЙ

Для решения задач интерполяции и экстраполяции используются различные математические методы: линейные методы, метод наименьших квадратов (МНК), многочлены Лагранжа и Ньютона и др. Суть задачи интерполяции заключается в нахождении значений дискретной функции в точках, принадлежащих отрезку $[a,b]$, а экстраполяции наоборот – точках, не принадлежащих данному отрезку $[a,b]$.

Линейные методы при работе с реальными данными способны выдавать посредственный результат, так как не учитывают возможность нелинейности огибающей дискретной функции, что приводит к большим погрешностям. МНК имеет меньшую погрешность по сравнению с линейными методами, но при этом тоже чувствителен к резким выбросам значений дискретной функции, а время работы метода растет экспоненциально с увеличением входных данных. Многочлены Лагранжа и Ньютона также имеют недостатки: первый не дает возможность улучшить приближение функции без повторного перерасчета коэффициентов Лагранжа, а последний дает возможность производить вычисления только при использовании равностоящих узлов координатной сетки [1].

Исходя из всего перечисленного, целью данной работы явилось создание обученной нейронной сети (НС), способной решать задачи интерполяции и экстраполяции дискретных функций.

В ходе работы были решены следующие задачи: 1) Разработана двумерная математическая модель скалярного поля с помощью программного пакета MATLAB, с целью обучения и тестирования НС; 2) Написана нейронная сеть на языке программирования Python; 3) НС обучена и протестирована.

Для создания НС использовался многослойный перцептрон с нелинейными функциями активации. Разработанная нейросеть решает задачи интерполяции и экстраполяции дискретных функций любого типа (универсальность метода) и с высокой точностью ($СКО \approx 0.4$ усл.ед.). Также нейросеть решает проблему с производительностью и скоростью работы, так обученная НС работает в разы быстрее, чем классические алгоритмы (время выдачи результата ≈ 30 мс).

Литература

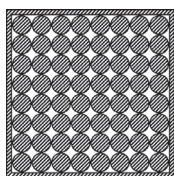
1. Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В. Вычислительные методы для инженеров: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1994.

Н.Е. Крымов, асп.; рук. А.А. Амосов, д.ф.-м.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
АНАЛИЗ АППРОКСИМАЦИЙ ЗАДАЧИ СЛОЖНОГО
ТЕПЛООБМЕНА В СИСТЕМЕ СТЕРЖНЕЙ КРУГЛОГО
СЕЧЕНИЯ

Рассматривается краевая задача, описывающая радиационно-кондуктивный теплообмен в системе металлических стержней круглого сечения :

$$-div(\lambda \nabla u) = f, \quad x \in G = \bigcup_{i,j} G_{i,j}, \quad (1)$$

$$\lambda \frac{\partial u}{\partial n} + h(u) = \int_{\partial G} h(u(\xi)) \varphi(\xi, x) d\sigma(\xi) + \int_{\Gamma} h(u_{\Gamma}(\xi)) \varphi(\xi, x) d\sigma(\xi), \quad x \in \partial G \quad (2)$$



Искомой является абсолютная температура $u(x)$, определенная на объединении сечений стержней $G_{i,j}$ радиуса ε (см. рис. 1). Здесь λ – коэффициент теплопроводности, $h(u) = \sigma_0 u^4$ – плотность потока теплового излучения, σ_0 – постоянная Стефана-Больцмана, Γ –

Рис. 1 граница «коробки», в которой находятся стержни, φ – элементарный угловой коэффициент.

В работах [1-3] были построены приближенные методы решения задачи (1),(2), основанные на специальных аппроксимациях тепловых потоков.

В настоящей работе была произведена программная реализация этих методов и проведен анализ их работы. В ходе исследования были получены эмпирические оценки погрешности методов и проведено сравнение скорости вычисления в зависимости от параметров задачи.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-11-00306).

Литература

1. **Амосов А.А., Крымов Н.Е.** Аппроксимации стационарной задачи радиационно-кондуктивного теплообмена в системе стержней круглого сечения // Вестник МЭИ, 2017. № 5. С. 94- 100.

2. **Крымов Н.Е.** Гомогенизация задачи радиационно-кондуктивного теплообмена в системе стержней круглого сечения //Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тез. докл. XXIII МНТК студентов и аспирантов. Т. 1. М: Издательский дом МЭИ, 2017

3. **Крымов Н.Е.** Аппроксимации задачи радиационно-кондуктивного теплообмена в системе стержней круглого сечения //Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тез. докл. XXIV МНТК студентов и аспирантов. М: ООО «Центр полиграфических услуг «Радуга»», 2018

А.В. Перетягина, студ.;
рук. И.С. Никитина, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРАВМ НА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБЪЕКТЕ

В настоящее время культура безопасности на ТЭС формируется на основе опыта, полученного в прошлом. Экспериментально воссоздать причины профессиональных рисков на производстве не представляется возможным, поэтому предлагается использовать математическое моделирование для того, чтобы уменьшить вероятность возникновения несчастных случаев. Для этого в работе предлагается использовать методику [1]:

$$P(k) = \frac{\left(\frac{K_{\text{ч}}}{1000} * N * t * \beta\right)^k}{k!} * \exp\left(-\frac{K_{\text{ч}}}{1000} * N * t * \beta\right),$$

где $P(k)$ – вероятность k несчастных случаев, $k = 0, 1, \dots$; N – число работающих; β – повышающий коэффициент, используемый тогда, когда имеются основания считать официальные статистические данные о несчастных случаях заниженными; $K_{\text{ч}}$ – коэффициент частоты несчастных случаев.

На основе анализа данных по несчастным случаям, приведенных в теплоэнергетических журналах за последние 5 лет, выявлены четыре основных причины аварийных ситуаций, связанные с:

- 1) разгрузкой, хранением и использованием топлива;
- 2) коррозионным разрушением металлов оборудования;
- 3) отказом в работе вспомогательного оборудования (насосы реагентного хозяйства);
- 4) нарушением правил техники безопасности персоналом.

Для безаварийной работы оборудования топливно-транспортного и химического подразделения ТЭС вероятность $P(0)=1$. Для оборудования с одной из четырех аварийных ситуаций в год вероятность $P(1)=0,98$, при двух аварийных ситуациях величина $P(2)$ уменьшается до 0,96.

Литература

1. **Минько В.М.** Математическое моделирование в охране труда / В.М. Минько. – Калининград: издательство ФГОУ «КГТУ», 2008 - 248 с.
2. **А.В. Перетягина, Е.А. Петрова, рук. к.т.н., доц. Т.В. Ермакова.** Оценка вероятности возникновения травм на производств е // Межвузовская научно-техническая конференция курсантов и студентов «День науки». Калининград, 2015- 478 с.

Секция 14

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

Руководитель секции: Еремеев Александр Павлович

Секретарь секции: Варшавский Павел Романович

М.И. Желтов, студ.; рук. П.Б. Хорев, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ОЦЕНКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ
РИСКОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ
МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ**

Информационные риски – все риски, связанные с опасностью возникновения убытков или ущерба в результате применения компаний информационных технологий [1].

Веб-приложения стали неотъемлемой частью информационных систем. Безопасность, защита и оценка информационных рисков, связанных с использованием веб-приложений – задача, с которой рано или поздно приходится сталкиваться владельцу любого хоть сколь-нибудь ценного ресурса.

Программные средства анализа уязвимостей веб-приложений предназначены для обнаружения проблем, которые могут привести к возникновению угроз безопасности информации для пользователей таких приложений. Существующие решения, как правило, не имеют системы оценки вероятности реализации угрозы, а также не способны оценить ожидаемые потери, которые могут наступить в случае эксплуатации различных уязвимостей. Также данные решения разработаны для пользователей персональных компьютеров, игнорируя активно развивающийся рынок мобильных устройств и приложений.

Разработанный ранее прототип сканера веб-приложений предлагается реализовать для мобильной операционной системы Android на языке программирования Java. Java на данный момент является самым популярным и активно развивающимся языком, который сможет обеспечить кроссплатформенность приложения, а также позволит интегрировать оценочную систему информационных рисков, разработанную при помощи библиотеки jFuzzyLogic [2, 3]. Данный сканер будет ориентирован на поиск уязвимостей в серверной части приложений, поэтому является универсальным, способным находить уязвимости как мобильных веб-приложений, так и десктопных.

Литература

1. С.А. Бочаров, А.А. Иванов, С.Я. Олейников. Основы бизнеса. М.:ЕАОИ – 2008. – 447 с.
2. **TIQBE Index for November 2018** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/> (Дата обращения: 11.11.2018)
3. **jFuzzyLogic** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://jfuzzylogic.sourceforge.net/html/index.html> (Дата обращения: 11.11.2018)

Д.В. Бутилов, студ.; рук. П.Л. Чернов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ
ДОСТУПОМ В ПРОГРАММНО-АППАРАТНОМ
КОМПЛЕКСЕ LYRIX**

Системы контроля и управления доступом (СКУД) – это важнейший компонент для обеспечения безопасности любого предприятия или офисного здания. В рамках интегрированных систем безопасности (ИСБ) средства контроля доступа способны обеспечить наибольшую защиту территории, здания, офиса от несанкционированного проникновения посторонних лиц.

Имеющаяся в программно-аппаратном комплексе (ПАК) LyriX [1] поддержка контроллеров СКУД компании “Apollo Security” (США) [2] серии AAN отвечает многим требованиям сегодняшнего рынка и пользуется большим спросом как в РФ, так и странах СНГ. Однако эти контроллеры разрабатывались 15 лет назад и имеют некоторые ограничения, связанные с тем, что не поддерживают ряд современных технологий и изменившихся методологий построения ИСБ. Появление нового контроллера ASP-4 [3], построенного на новой элементной базе, обладающего большей памятью, имеющего расширенную функциональность и поддержку новых OSDP-устройств, позволяющего реализовать специфическую логику с помощью пользовательских скриптов непосредственно в контроллере, а также предоставляющего возможность объединения до 32 контроллеров в единый кластер, ставит задачу его поддержки в LyriX для повышения надежности построенных на нем ИСБ.

В докладе предложены способы поддержки контроллера ASP-4 (как индивидуально, так и в составе кластера) с использованием Java Native Runtime [4] и Spring Framework [5] в новой архитектуре ПАК Lyrix (с использованием REST web-сервиса).

Литература

1. **Шаповалов А.В.** LyriX – управление ИСБ многофилиальных объектов // Системы безопасности, 2014, № 2(116). - С. 104-105.
2. Компания Apollo Security [Электронный ресурс], URL: <http://www.apollo-security.com/index.php> (дата обращения: 13.11.2018).
3. Контроллер ASP-4 [Электронный ресурс], URL: [http://www.apollo-security.com/index.php?option=com_mtree&task=viewlink&link_id=83&Itemid=22] (дата обращения: 15.11.2018).
4. Java Native Runtime [Электронный ресурс], URL: <https://github.com/jnr> (дата обращения: 16.11.2018).
5. Spring Framework [Электронный ресурс], URL: <https://github.com/spring-projects/spring-framework> (дата обращения: 16.11.2018).

М.В. Черновалова, асп.; рук. М.И. Дли, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**НЕЙРОСЕТЕВЫЕ И НЕЙРО-НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ
УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ НА
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

В настоящее время эффективность функционирования промышленных предприятий зависит от инновационной деятельности, направленной на создание новых продуктов и технологий [1]. Актуальной является задача сокращения длительности реализации инновационных проектов с учетом неопределенности, которая характеризуется влиянием различных внешних и внутренних факторов, снижающих эффективность применения существующих методов теории расписаний. С целью формирования прогнозных оценок времени выполнения и значений показателей результативности отдельных этапов указанных проектов при наличии малого объема экспертной и статистической информации предлагается использовать нейросетевые модели (НСМ) типа GRNN с двумя скрытыми слоями: радиально-базисным и линейным. В случае построения модели, позволяющей учитывать мнение экспертов и обучающейся на основе имеющегося набора аналитических данных, предлагается применять нейро-нечеткие модели (ННМ) типа ANFIS, структура которых соответствует алгоритму нечеткого логического вывода Сугэно. ННМ позволяют адаптироваться к изменяющимся условиям посредством настройки параметров функций принадлежности нечетких множеств в правилах с применением обучающей выборки и соответствующих алгоритмов обучения. Сам процесс управления инновационными проектами осуществляется на основе алгоритма диспетчеризации List Scheduling, а также методов критического пути и PERT, усовершенствованных посредством использования данных НСМ и ННМ. Программная реализация предложенного подхода выполнена средствами MATLAB, используя функции пакетов Neural Networks Toolbox и Fuzzy Logic Toolbox.

Применение представленного решения позволяет оптимизировать время реализации инновационных проектов на промышленных предприятиях в условиях неопределенности. Полученные в процессе проведения серии испытаний результаты показали, что использование предложенных моделей позволяет уменьшить время выполнения данных проектов относительно плановых расписаний в среднем на 9%, а реальных расписаний – в среднем на 23%.

Литература

1. **Стоянова О. В., Дли М. И.** Информационно-аналитическая система управления производственными проектами машиностроения в условиях неопределенности // Программные продукты и системы. 2015. № 3. С. 49-56.

Зер Аунг, асп.; рук. И.С. Михайлов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ
НЕФТЯНЫМИ СКВАЖИНАМИ**

С развитием современных средств автоматизации технологических процессов [1] возникла возможность реализации автоматизированного управления работой нефтяных скважин. Каждая нефтяная скважина характеризуется большим количеством параметров, которые в той или иной степени оказывают влияние на дебит скважины и на качество её продукции. В связи с этим необходимо набрать статистику изменения данных параметров во времени, а также сопоставить их с изменениями целевых переменных для оптимизации [2]: дебита жидкости скважины, содержания газа и обводненной продукции. Следует стремиться к повышению дебита и минимизации обводненной продукции и содержания газа. Затем нужно выполнить анализ сформированной выборки с точки зрения корреляции параметров для сокращения количества переменных.

На базе полученных данных необходимо выполнить обучение различных моделей интеллектуального анализа данных для выявления наиболее подходящей из них [3]. При этом основным назначением методов Data Mining в данном случае является решение задачи классификации текущей ситуации на скважине с целью выбора соответствующего управляющего воздействия. Наиболее перспективным предполагается использование аппарата искусственных нейронных сетей, метода SVM, а также деревьев решений. В дальнейшем, когда модель управления обучена, она загружается в контроллер системы АСУ ТП нефтяного месторождения. При работе данной системы в режиме реального времени отслеживается изменение контролируемых параметров и в случае их стабильного изменения выдаётся команда на запуск компенсирующего управляющего воздействия. При этом необходимо отметить, что применение методов анализа данных является ключевым фактором успеха решения данной задачи в связи с многообразием комбинаций различных значений контролируемых параметров.

Литература

1. **Башмаков А.И., Башмаков И.А.** Интеллектуальные информационные технологии: Учеб. Пособие // –М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.
2. **Барсегян А.А., Куприянов М.С., Холод И.И., Тесс М.Д., Елизаров С.И.** Анализ данных и процессов. БХВ-Петербург. 2009. 512 с.
3. **Хануман Тота, Рагхава Найдю Мириала, Шива Прасад Акула и др.** Сравнительная характеристика в классификационных алгоритмах с использованием реальных наборов данных. Журнал компьютерной науки и биологических систем JCSB / Том 2. 2009. С. 97-100.

*А.О. Афанасьева, студ.; рук. П.Р. Варшавский, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ПРИМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНОЙ ГРАФИКИ В ЗАДАЧАХ ЭКСПЕРТНОЙ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

В последнее время средства образного представления информации для принятия решений, основанные на методах когнитивной графики (КГ) и ориентированные на использование механизмов наглядно-образного мышления, находят широкое применение в системах интеллектуальной поддержки принятия решений для оперативного человеко-машинного управления сложными и экологически опасными объектами [1].

Правильно подобранный, легко интерпретируемый когнитивный образ (КО) способен в значительной степени упростить процесс анализа данных и принятия решений [2]. Программная среда для применения КГ в задачах экспертной диагностики технических объектов должна быть достаточно гибкой, чтобы пользователь имел возможность разработать и настроить КО, учитывающий специфику конкретного технического объекта.

В разработанном средствами языка C# в среде Visual Studio 2015 веб-приложении был реализован удобный интерфейс для создания и настройки КО (создание нового КО, загрузка имеющихся шаблонов КО и их элементов), выделения меняющихся характеристик технического объекта и условий, которые используются для формирования базы решающих правил.

Тестирование модуля КГ проводилось на примере одной из подсистем сложного технического объекта – подсистемы барботирования в компенсаторе объема первого контура ВВЭР АЭС. Для нее был предложен КО, который представляет из себя многоугольник, разделенный на сектора, каждый из которых отвечает за определенный аналоговый параметр системы. Изменение цвета сектора отражает изменение значения соответствующего аналогового параметра. Выходящими из многоугольника лучами на КО отражается состояние дискретных параметров объекта.

Литература

1. **Башлыков А.А., Еремеев А.П.** Основы конструирования интеллектуальных систем поддержки принятия решений в атомной энергетике. — М.: ИНФРА-М, 2018.

2. **Афанасьева А.О., Варшавский П.Р.** Методы когнитивной графики как средство образного представления информации для систем поддержки принятия решений // Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации: сб. трудов. XXVII Междунар. науч.-тех. конф. — Алушта, 2018. – С. 39.

И.А. Полюшкин, студ.; рук А.П. Еремеев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ГИБКИХ АЛГОРИТМОВ
ПОИСКА РЕШЕНИЯ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ
РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

Гибкими (anytime) называются алгоритмы, качество найденных результатов которых улучшается с увеличением времени работы алгоритма [1]. Задачи, в которых существует некоторое множество состояний агента, детерминированные правила перехода между этими состояниями и требуется найти последовательность переходов из некоторого начального состояния в одно из целевых состояний, называются задачами поиска в пространстве состояний. Примерами таких задач являются задача поиска маршрута, задача планирования обхода, задача компоновки СБИС, задача управления навигацией робота, задача автоматического упорядочения сборки, задача проектирования молекулы белка и многие другие [2].

В работе рассматриваются гибкие эвристические алгоритмы поиска в пространстве состояний и методы их получения из известных алгоритмов: метод перезапуска, метод продолжения и метод восстановления [3].

Были проведены реализация гибких версий алгоритмов A* и RBFS на языке Visual C++ в среде Visual Studio 2017 и их испытания на задаче «игра в восемь». В результате испытаний было установлено, что гибкие версии алгоритма A* пригодны для использования в системах реального времени, так как поиск ими первого решения осуществляется за время, намного меньшее, чем поиск оптимального решения стандартным алгоритмом A*. Использование же гибкой версии RBFS в системах реального времени нецелесообразно, так как алгоритм хотя и способен решать задачи, которые не могут быть решены с помощью гибких модификаций алгоритма A* из-за ограничений на доступную память, время поиска решения этим алгоритмом может быть недопустимым для систем реального времени.

Направлением дальнейших исследований может стать разработка гибких модификаций алгоритмов поиска решения, работающих в условиях ограничений на доступную память, таких как IDA* и MA*.

Литература

1. **Еремеев А.П., Митрофанов Д.А.** Гибкий алгоритм моделирования иерархических рассуждений для систем реального времени // Интеллектуальные системы. Коллективная монография. Выпуск 5./ Под. ред. В.М. Курейчика. – М.: Физматлит, 2011. – 262 с., с. 85-110.
2. **Рассел С., Норвиг П.** Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006.
3. **Thayer J., Ruml W.** Anytime Heuristic Search: Frameworks and Algorithms // Proceedings of the Third Annual Symposium on Combinatorial Search (SOCS-10). 2010. P. 121-128.

*А.Н. Апарнев, асп.; рук. В.Н. Вагин, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ АБДУКТИВНОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

Абдуктивный логический вывод представляет собой поиск наилучших объяснений для наблюдаемых явлений и является правдоподобным способом рассуждений. Он имеет множество применений, в том числе диагностика, планирование действий и распознавание плана. Основное развитие абдукция получила в области основанных на логике и знаниях методов [1]. Поэтому, она не имеет преимуществ, которые могут предложить нейросетевые технологии: устойчивость к неточной, нечёткой информации и способность к обучению (индуктивному выводу).

Вследствие этого, перспективной является разработка системы, позволяющей совместить преимущества абдуктивного вывода и нейронных сетей в одной системе.

На данный момент существуют решения [2], в которых совмещаются нейронные сети и абдуктивный логический вывод. Однако, они обладают рядом существенных недостатков:

1. Как правило, они рассчитаны на конкретные задачи, представленные примерами в соответствующих статьях.
2. На данный момент не представлено решения общего вида, применимого для широкого спектра задач, представленных в абстрактном виде, например, в виде формул логики предикатов 1 порядка.

Для интеграции абдукции, индукции и дедукции, предлагается разработать систему, позволяющую (1) извлекать из данных знания в виде формул логики предикатов 1 порядка, (2) использовать полученные из данных и введённые пользователем знания для дедуктивного и абдуктивного логического вывода, при этом (3) система должна быть способна работать с неполными и неточными данными, что может быть достигнуто за счёт использования нейронных сетей.

Литература

1. **Хотимчук К.Ю.** Разработка и реализация методов и алгоритмов абдуктивного вывода с использованием систем поддержки истинности на основе предположений: Автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.13.17 / Хотимчук Кирилл Юрьевич; МЭИ (ТУ) – Москва, 2011. – 120 с.
2. **Dai W.Z. et al.** Tunneling Neural Perception and Logic Reasoning through Abductive Learning [Электронный ресурс] / W.Z. Dai , Q.L. Xu, Y. Yu, Z.H. Zhou // arXiv:1802.01173. – Дата обновления: 06.12.2018. – 27 p. –(Prepr. / URL: <https://arxiv.org/abs/1802.01173> (Дата обращения: 27.05.2018)).

К.Н. Славянова, студ.; рук. П.Л. Чернов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МОДУЛЯ “КАРТотеКА”
В ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСАХ
СЕМЕЙСТВА APACS**

Системы контроля и управления доступом (СКУД) – это важнейший компонент для обеспечения безопасности любого предприятия или офисного здания. Одна из основных задач СКУД – корректная идентификация посетителей и отслеживание их прав прохода и нахождения на территории объекта.

Имеющийся в программно-аппаратных комплексах (ПАК) семейства APACS [1,2] (APACS 3000 для построения интегрированных систем безопасности, APACS Bio [3] для систем управления доступом и учета рабочего времени, APACS Badge для ведения базы данных и печати идентификационных карт) единый модуль “Картотека” является ответственным за ведение базы данных посетителей, назначение им уровней доступа, задание ряда других характеристик, влияющих на степень безопасности объекта. Однако если раньше для идентификации посетителей использовались различные карты (как с магнитной полосой, так и бесконтактные), то сейчас все большую популярность приобретает биоидентификация личности. В ПАК семейства APACS с этой целью применяются различные устройства южнокорейской компании Suprema [4], обеспечивающие хорошие характеристики распознавания людей как по пальцу (линейка считывателей BioEntry и BioStation), так и по лицу (линейка считывателей FaseStation).

В докладе рассмотрены возможности расширения функционала модуля “Картотека” ПАК семейства APACS для работы с биоданными сотрудников и посетителей, а также реализация различных отчетов по базе данных картотеки, необходимых как оператору бюро пропусков, так и администратору СКУД.

Литература

1. Компания ААМ Системз [Электронный ресурс], URL: <https://www.aamsystems.ru> (дата обращения: 03.12.2018).
2. **Чернов П.Л., Гинце А.А., Ефанов А.А., Егоров И.А.** Повышение квалификации специалистов в области интегрированных систем безопасности. Труды международной научно-практической конференции “Информатизация инженерного образования”. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016, с. 253-256.
3. **Гинце А.А.** APACS Bio Lite Система управления доступом и учета рабочего времени // Алгоритм безопасности, 2016, № 1. - С. 40.
4. Компания Suprema [Электронный ресурс], URL: <http://www.supremainc.com> (дата обращения: 03.12.2018).

А.М. Тихомиров, студ.; рук. П.Б. Хорев, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА РЕАЛИЗАЦИИ
УДОСТОВЕРЯЮЩИХ ЦЕНТРОВ И ЖУРНАЛОВ
ТРАНЗАКЦИЙ ДЛЯ УЧАСТНИКОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ
СЕТИ ДОВЕРИЯ**

В современном мире процесс обучения тесно связан с информационными технологиями. Многие образовательные учреждения используют в учебном процессе системы дистанционного образования. Для построения таких систем требуется организовать множество различных инфраструктур, в том числе инфраструктуру безопасности.

Инфраструктура безопасности для распространения и управления сертификатами пользователей получила название инфраструктуры открытых ключей (ИОК). Термин "ИОК" является производным от названия базовой технологии – криптографии с открытым ключом, являющейся в настоящее время основой для реализации функций безопасности в распределенных информационных системах [1].

Технология Blockchain представляет собой способ организации хранения информации о различных событиях. Она отличается от других решений высоким уровнем открытости и надежности. Информацию невозможно подделать или удалить, а все зафиксированные события всегда можно проверить [2].

В среде Microsoft Visual Studio 2017 на языке C# были разработаны: сервис для работы с Blockchain и веб-приложение с удобным пользовательским интерфейсом, с помощью которого происходит настройка и администрирование удостоверяющего центра и ведение журнала транзакций для участников образовательной сети доверия.

Также в СУБД Microsoft SQL Server была спроектирована реляционная база данных (БД) в третьей нормальной форме, полная копия которой должна храниться у каждого участника сети для правильного функционирования технологии Blockchain. Репликация данных между экземплярами этой БД осуществляется на уровне самой технологии, при разработке ИОК реализация данного механизма не требуется.

Перспективным решением проблемы тиражирования и обеспечения идентичности содержимого этих БД у всех пользователей видится их размещение на удаленных серверах, постоянна доступность которых обеспечивается поставщиком облачных решений.

Литература

1. Полянская О. Ю., Горбатов В. С. Инфраструктуры открытых ключей. — М.: Интернет-университет информационных технологий, 2007. — 368 с.
2. Артем Генкин, Алексей Михеев. Блокчейн. Как это работает и что ждет нас завтра. Альпина Паблишер, 2018.

И.Е. Никонов, асп.; рук. И.Е. Куриленко, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАССУЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ
ПРЕЦЕДЕНТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ
КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТОВ**

В настоящее время проектирование интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени (ИСППР РВ) [1], связано с актуальной в области искусственного интеллекта (ИИ) проблемой моделирования правдоподобных рассуждений. Современные ИСППР РВ должны обрабатывать огромный поток информации, включающей в том числе тексты на естественном языке (ЕЯ). Одной из фундаментальных задач обработки данных на ЕЯ, является задача классификации текстов.

Помимо распространенных методов “усердного” обучения (включающих Байесовский классификатор, метод опорных векторов, деревья решений, искусственные нейронные сети и пр.), с этой задачей прекрасно справляется метод построения рассуждений на основе прецедентов [2].

В основе методов построения рассуждений на основе прецедентов (СВР — Case-Based Reasoning) лежит идея о том, что при решении неизвестной задачи лицо, принимающее решение (ЛПР), обычно использует решения, которые принимались ранее в подобных случаях [3].

Принятие решений на основе прецедентов связано с разработкой и исследованием методов представления (моделирования), оценки, хранения и индексации, извлечения и адаптации фактических знаний.

В данной работе, в рамках системы интерактивного голосового меню (IVR), рассматривается решение задачи классификации вопроса клиента банка к определенной тематике с использованием СВР технологии машинного обучения. Разработан метод векторизации текстов, модифицированы различные метрики для задачи классификации коротких текстов. Представлены преимущества разработанного метода перед аналогичными обобщенными техниками.

Литература

1. **Вагин В.Н., Еремеев А.П.** Некоторые базовые принципы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени // Известия РАН. Теория и системы управления. 2001, № 6, С. 114-123.
2. **Варшавский П.Р., Еремеев А.П.** Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Искусственный интеллект и принятие решений, №2, 2009, С. 45-57.
3. **Еремеев А.П., Куриленко И.Е.** Методы моделирования временных зависимостей в интеллектуальных системах с использованием темпоральных прецедентов // Information Models and Analyses. Vol. 2, 2013, № 4, С. 324-335.

А.Е. Герасимова, студ.; рук А.П. Еремеев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ
С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

Обучение с подкреплением – один из способов машинного обучения, отличительной особенностью которого является обучение непосредственно во время взаимодействия с некоторой внешней средой [1]. Для достижения своей цели агент должен иметь возможность отслеживать состояния среды при взаимодействии. Обучение заключается в том, что агент пробует выполнять различные действия, дабы проверить, какие из них принесут вознаграждение, а какие – наказание. Цель агента – получить максимальное вознаграждение.

Одной из проблем обучения с подкреплением является проблема поиска компромисса между изучением среды и применением полученных знаний для решения поставленной задачи [1]. Важной группой методов обучения с подкреплением являются TD-методы. Одним из преимуществ является то, что они не требуют знания модели окружающей среды с ее вознаграждениями и вероятностным распределением последующих состояний [2]. Это особенно важно для интеллектуальных систем в условиях неполной или искаженной информации.

В данной работе были реализованы алгоритмы (Q-learning, R-learning и $Q(\lambda)$ – алгоритм Q-learning со следами приемлемости), относящиеся к группе TD-методов. В качестве языка реализации использован C#, среда разработки – MS Visual Studio 2013. В результате алгоритм $Q(\lambda)$ показал более быстрое обучение, однако потребовал и большее количество арифметических действий, тем самым увеличивая время поиска решения. В то время как алгоритмы Q-learning и R-learning имеют малое количество вычислений, что делает их более удобными для применения в интеллектуальных системах поддержки принятия решений жесткого реального времени.

Литература

1. **Саттон Р.С., Барто Э.Г.** Обучение с подкреплением: пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017.
2. **Еремеев А. П., Кожухов А. А.** Анализ и разработка методов обучения с подкреплением на основе темпоральных различий для интеллектуальных систем реального времени // Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016 (3-7 октября 2016 г., г. Смоленск, Россия). Труды конференции. В 3-х томах. Т. 1. – Смоленск. Универсум, 2016. С. 323-330.

*А.С. Рындина, студент; рук. Л.В. Фомченкова, д.э.н., проф.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

АНАЛИЗ ЦИФРОВОЙ ГРАМОТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В условиях глобальной цифровизации формирование единого информационного пространства для взаимодействия коммерческих организаций и государственных органов управления с населением невозможно без его цифровой грамотности. Реализация Государственной программы развития цифровой экономики и информационного общества РФ требует высокого уровня развития у экономических субъектов компетенций решения задач в высокотехнологичной среде.

По данным [1], общий индекс цифровой грамотности населения России в 2017 г. составил 5,99 из 10. Для определения причин сложившейся ситуации предложено проведение анализа с использованием когнитивного моделирования [2]. Было определено множество концептов когнитивной модели (рис. 1). Зависимые концепты и связи между ними установлены на основе статистических данных и экспертных оценок.

Концепты-цели:

e1 - Развитие цифровой грамотности

e2 - Рост цифрового потребления

e3 - Формирование цифровой среды

Концепты-результаты:

e4 - Развитие цифровых компетенций

e5 - Рост цифровой безопасности

e6 - Развитие цифровой экосистемы

Концепты-мероприятия:

e7 - Упрощение доступа к Интернет

e8 - Развитие облачных технологий

e9 - Организация курсов цифровой грамотности для населения

e10 - Реализация мер по обеспечению

информационной безопасности

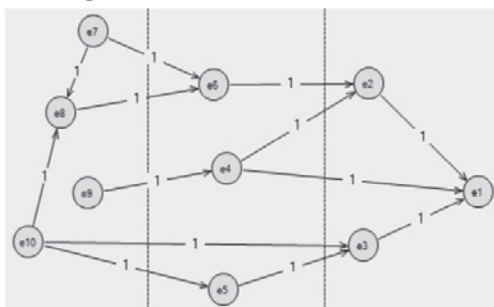


Рис.1. Базовая когнитивная карта факторов развития цифровой грамотности населения

Таким образом, математический аппарат когнитивного моделирования позволяет выявить ключевые факторы развития цифровой грамотности населения, как в стране в целом, так и в ее отдельных регионах.

Литература

1. Индекс цифровой грамотности 2017. URL: http://xn--80aaefw2ahcfbneslds6a8jyb.xn--p1ai/media/Digital_Literacy_Index_2017.pdf (Дата обращения 03.12.2018).

2. Фомченков В.П., Окунев Б.В., Рудометкин А.Н. Проблемно-целевое когнитивное моделирование системы управления безопасностью телекоммуникационной инфраструктуры организации // Журнал правовых и экономических исследований. – 2016. – № 4 – С. 196-201.

А.Б. Зиятдинов, студ.; рук. И.Е. Куриленко, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
ОБРАБОТКА ТЕКСТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

В настоящее время в связи с быстрым ростом количества текстовой информации, в том числе в сети Интернет, возникает необходимость в быстрой разработке приложений для автоматической или автоматизированной обработки текстов на естественном языке (ЕЯ). Примерами такой обработки является сбор и фильтрация данных из различных источников, извлечение знаний и т.п. [1].

Обработка текста на ЕЯ часто происходит с помощью алгоритмов машинного обучения. Системы машинного обучения хранят слова и то, как они связаны между собой, также как и другие типы данных. Слова, предложения, в некоторых случаях и целые книги проходят через алгоритмы машинного обучения. Эти алгоритмы, основываются на грамматических правилах, конструкциях, сленге, которые люди используют в реальной жизни. Компьютер использует полученные знания для того, чтобы найти шаблоны и прогнозировать (экстраполировать) то, что будет дальше. Например, возьмем приложение, которое переводит текст на английском: «Я иду в университет» — «I'm going to the university». В этом случае машинное обучение предскажет, что «Я иду в бассейн» будет также начинаться с «I'm going to». Теперь компьютеру останется только определить как на английский язык переводится слово «бассейн».

Разработка прикладной программной системы, обрабатывающей текст на ЕЯ, имеет ряд трудностей – необходимо внедрять много программных компонентов, которые обрабатывают текст на различных уровнях (обработка слов, предложений и т.п.). Другой сложностью является сохранение внутреннего представления обрабатываемого текста, так как необходимо поддерживать естественный порядок элементов в тексте (слов, предложений и абзацев). Более того, для успешного решения задачи, программа по обработке текстов на ЕЯ должна обладать следующими характеристиками: точность, эффективность, продуктивность, гибкость, устойчивость, масштабируемость, многомодальность, а также поддерживать многоязычность.

Именно поэтому существует необходимость в средствах, позволяющих сделать создание приложений, обрабатывающих текст на ЕЯ, проще за счет повторного использования существующих программных компонент, что обсуждается во многих работах. В рамках данной работы описываются инструменты, позволяющие преобразовать текст в удобную для дальнейшей работы форму и решать задачу классификации текстовых документов, используя алгоритмы машинного обучения.

Литература

1. **Большакова Е.И., Клышинский Э.С., Ландэ Д.В., Носков А.А., Пескова О.В., Ягунова Е.В.** Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика: учеб. пособие / — М.: МИЭМ, 2011. — 272 с.

А.А Вахрушев, студ.; рук. И.Е. Куриленко, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**МЕТОДЫ РАССУЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕМПОРАЛЬНЫХ
ПРЕЦЕДЕНТОВ**

Метод рассуждений на основе прецедентов (СВР – Case-Based Reasoning) является подходом, позволяющим решить новую, неизвестную задачу, используя или адаптируя решение уже известной задачи, т.е. используя уже накопленный опыт решения подобных задач [1].

Основными этапами СВР-цикла являются:

1. извлечение наиболее подобного прецедента для сложившейся ситуации из библиотеки прецедентов;
2. повторное использование извлеченного прецедента для попытки решения текущей проблемы;
3. пересмотр и адаптация в случае необходимости полученного решения в соответствии с текущей проблемой;
4. сохранение (запоминание) вновь принятого решения как части нового прецедента.

Однако, следует отметить, что не всегда можно получить грамотные решения или рекомендации, анализируя только текущее состояние наблюдаемого объекта или процесса. Так как к одному и тому же состоянию можно прийти различными путями. В связи с этим нужно анализировать историю изменения состояний, потому что во многом именно она будет определять развитие ситуации.

Поэтому появляется необходимость в разработке новых методов рассуждений с учетом фактора времени. То есть требуются методы, позволяющие учитывать поведение контролируемого процесса (или объекта) во времени.

Наиболее простым способом адаптации существующих алгоритмов вывода на основе прецедентов к учету фактора времени является подмена «мгновенного» снимка ключевых параметров – историей их изменения. Эта история может быть представлена в виде матрицы значений [1], составленной на определенный период наблюдения с определенным интервалом (тактом). Однако проблема данного метода в том, что необходимо хранить слишком большой объем информации. Ведь даже в случае, если в такты i и $i+1$ ничего не изменялось, будут повторно сохранены все контрольные параметры.

В рамках данной работы описывается адаптация данного метода для решения задачи рекомендации по приобретению или продаже ценных бумаг.

Литература

1. Александр Еремеев, Павел Варшавский, Иван Куриленко. Моделирование временных зависимостей в интеллектуальных системах поддержки принятия решений на основе прецедентов // International Journal "Information Technologies & Knowledge" Vol. 6, Number 3, 2012, С. 227-239.

*А.В. Кожевников, асп.; рук. П.Р. Варшавский, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

МОДУЛЬ ИДЕНТИФИКАЦИИ СИГНАЛОВ АКУСТИКО-ЭМИССИОННОГО КОНТРОЛЯ НА ОСНОВЕ ПРЕЦЕДЕНТНОГО ПОДХОДА

Среди методов неразрушающего контроля все большее распространение получает метод акустической эмиссии (АЭ). Как известно, при проведении мониторинга контролируемый объект работает в штатном режиме, а вибрации оборудования и течение продукта создают акустические помехи [1]. Для фильтрации помех была разработана программная подсистема, которая способна выполнять анализ сигналов акустической эмиссии и выявлять сигналы, принадлежащие известным классам, с использованием методов на основе прецедентов (CBR – Case-Based Reasoning) [2].

Для представления сигналов АЭ в виде прецедента используется последовательность S_1, S_2, \dots, S_K , у которой каждый член S_i представлен четверкой $\{T, \delta A, t_n, t_k\}$, где T – тип (рост или спад), $\delta A \in [-1; 1]$ – относительная амплитуда на этом участке, $t_n, t_k \in [0; 1]$ – относительные временные границы диапазона времени.

Для определения сходства текущего сигнала с прецедентами из библиотеки прецедентов (БП) используется оценка по методу ближайшего соседа (NN) [2]:

$$Sim(C, T) = 1 - \frac{d_{CT}}{d_{MAX}},$$

где d_{CT} – расстояние Левенштейна между текущим сигналом и сигналом из БП, d_{MAX} – максимальное расстояние Левенштейна с учетом диапазонов параметров, используемых в задаче.

В результате работы подсистемы в ее памяти сохраняются прецеденты, распределенные по указанным в конфигурации классам сигналов. Пользователь может получать номера соответствующих этим прецедентам сигналов, что позволяет быстро перемещаться по файлу для дальнейшего анализа данных.

Литература

- 1. Барат В.А., Алякритский А.Л.** Метод статистической обработки данных акустико-эмиссионного мониторинга на примере реактора гидроочистки Мозырского НПЗ // “В мире НК”, №4, 2008, стр. 52-55.
- 2. Варшавский П.Р., Еремеев А.П.** Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Искусственный интеллект и принятие решений. 2009. №2. – С. 45-57.

Н.А. Панявин, студ.; рук. М.М. Маран, к.т.н., доцент (НИУ «МЭИ»)
**ПРОБЛЕМА ВЫБОРА СУБД ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА**

В большинстве современных проектов используются базы данных (БД). Одним из подходов развития являются нереляционные хранилища NoSQL [1], имеющие существенный ряд отличий от традиционных моделей реляционных БД.

В работе рассматриваются представители четырёх наиболее развитых направлений развития нереляционных БД [2], такие как графовая Neo4J, документ-ориентированная MongoDB, ключ-значение Redis и BigTable Apache Cassandra в сравнении с реляционной MySQL.

С помощью вспомогательных драйверов в среде Visual Studio Enterprise 2017 на языке C# был реализован и протестирован в условиях высокой нагрузки фрагмент социальной сети размером из 7×10^6 записей.

В ходе испытаний было выявлено, что NoSQL БД обладают хорошей производительностью и их следует использовать в задачах, когда отсутствует чёткая структура полей для хранения каких-либо данных. Например, в случае необходимости часто добавлять новые поля, при этом структура таблицы может произвольно меняться. Отсутствие строгой схемы избавляет разработчика от необходимости постоянно изменять структуру таблицы. Также NoSQL удобно применять для хранения временных данных, к которым необходимо получить быстрый доступ.

Среди существенных недостатков NoSQL была выявлена сильная привязка к конкретной СУБД на этапе разработки. В плане занимаемого места на диске, NoSQL БД имеют большой объём, поэтому разработчикам придется решать, необходима большая производительность или меньший объём БД. Также было выявлено, что не все NoSQL решения оказались удобны на малых выборках, имеющих размер до 10^3 записей.

Несмотря на развивающиеся достаточно быстрыми темпами NoSQL технологии, направление SQL не исчерпало себя и будет дальше использоваться при проектировании решений различных задач. В сильно нагруженных системах с большим оборотом данных проявили себя в совместном использовании SQL и NoSQL технологий. Например, пара: БД SQL, которая хранит основной объем информации, и БД NoSQL, которая отвечает за кэш.

Литература

1. **Pramod J. Sadalage, Martin Fowler** NoSQL Distilled // Addison-Wesley Professional, 2012, – 192 p.
2. **Dan Sullivan** NoSQL for Mere Mortals // Addison-Wesley, 2015, – 552 p.

*Н.А. Шведов, асп.; рук-ли О.Ю. Шамаева, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»);
Д.В. Зайцев, к.т.н., доц. (ИЗ ЦНИИ МО РФ)*

МЕТОД ВОЛНЫ ВЕРОЯТНОСТИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКОНОМИКЕ

В данной работе предложен метод волны вероятности, с помощью которого произведен расчет плотностей вероятности численности популяций в экологических системах «хищник-хищник» и «хищник-жертва». Метод волны вероятности позволяет существенно увеличить быстродействие и точность расчетов.

Идея метода заключается в том, что расчет вероятностей предельных состояний графа аналогичен расчету волнового фронта волны на основе принципа Гюйгенса-Френеля [1]. Метод основан на использовании теории сетей массового обслуживания и построении графа, каждое состояние которого характеризует численности хищников и жертв соответственно. В отличие от известных методов решения подобных задач предложенный метод не требует решения системы связанных дифференциальных уравнений Колмогорова, а использует итерационные зависимости.

Также в работе показано, что метод волны вероятности, первоначально разработанный для экологических систем, может использоваться и для моделирования процессов в экономике, в частности в банковском секторе.

В экологических системах происходит передача энергетической биомассы от травоядных к хищникам и от растений к травоядным. Аналогично в банковской системе происходит трансфер капитала от Центрального Банка к обычным банкам и далее к частным лицам и компаниям [2]. Главный хищник в системе – Центральный Банк, питающийся от обычных банков, которые он кредитует, а они, в свою очередь питаются от финансовых ресурсов частных лиц и компаний. В банковской системе находится некая точка, при которой система приходит в равновесие, и «популяции» продолжают мирно сосуществовать.

Таким образом, авторы продемонстрировали, что метод волны вероятности применим не только в экологии, но и в экономике. Он относительно прост с точки зрения расчетного алгоритма и позволяет повысить точность результатов.

Литература

1. **Зайцев Д.В., Шамаева О.Ю., Шведов Н.А.** Модификация метода волны вероятности для расчета численности популяций в экологической системе «хищник-жертва». Вестник научных конференций 2018, №8 – 2(36), Актуальные вопросы образования и науки, 2018, С. 54-56.

2. **Thompson G.** Sources of financial sociability: Networks, ecological systems or diligent risk preparedness? CRESC Working Paper Series, CRESC (98), 2011, P. 1-17.

*Т.О. Блашонков, И.Е. Мухачева, С.А. Поляков, Н.А. Вербицкая, студ.;
рук. П.Р. Варшавский, к.т.н., доцент (НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОЙ CBR СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Одним из самых перспективных и актуальных методов анализа больших данных на сегодняшний день является применение машинного обучения – класса методов искусственного интеллекта (ИИ), характерной чертой которых является не прямое решение задачи, а обучение в процессе применения решений множества сходных задач.

Рассуждения на основе прецедентов (*CBR — Case-Based Reasoning*) является подходом, широко используемым при решении задач машинного обучения [1].

Как правило, процесс вывода на основе прецедентов включает четыре основных этапа, образующих *CBR* цикл: **извлечение** из базы прецедентов (БП) наиболее подходящего прецедента (или прецедентов) для сложившейся ситуации; **повторное использование** извлеченного прецедента для попытки решения текущей проблемы; **пересмотр и адаптация** в случае необходимости решения текущей проблемы; **сохранение** вновь принятого решения как части нового прецедента.

В работе используется как параметрическое представление (прецедент представлен в виде числового вектора), так и структурированное представление прецедентов (в виде деревьев, графов и семантических сетей). БП базируется на реляционной модели представления данных и реализуется с использованием СУБД MySQL [2].

Реализованная прецедентная система представляет собой веб-приложение, предназначенное для обучения и ознакомления с методами машинного обучения и анализа данных на основе прецедентов.

В результате выполнения работы было создано веб-приложение, реализованное на языке *python* 3.4. с использованием веб-фреймворка *flask* [3]. На данном этапе в веб-приложении реализованы модули, обеспечивающие все этапы *CBR* цикла и извлечение прецедентов с использованием алгоритма k ближайших соседей (k -*NN*), а также модуль оптимизации БП и средства автоматического анализа и выбора метрики для алгоритма k -*NN*.

Литература

1. Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Искусственный интеллект и принятие решений. 2009. № 2. С. 45-47.
2. Шварц Б., Зайцев П., Ткаченко В. MySQL по максимуму. СПб.: Питер, 2018.
3. Гринберг М. Разработка веб-приложений с использованием Flask на языке Python // пер. с англ. А. Н. Киселева. М.: ДМК Пресс, 2014.

*А.В. Рязанов, асп.; рук. В.В. Борисов, д.т.н., проф.
(Филиал МЭИ в г. Смоленске)*

КАСКАДНАЯ НЕЧЕТКАЯ ПРОДУКЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЗАКАЗОВ

Распределение заказов – один из важнейших процессов функционирования транспортных систем, который в большинстве случаев осуществляется с использованием венгерского метода и его разновидностей. Эти методы основаны на распределении транспортных средств по заказам по критерию предпочтительности, исходя из бинарных отношений соответствия «Автомобили–Заказы» [1]. Однако в существующих методах распределения заказов не учитывается назначение этих заказов. Кроме того, если рассматривать работу «реальной» транспортной службы, то возникает неопределенность при построении таких отношений соответствия, обусловленная, прежде всего, индивидуальными предпочтениями принятия заказов на исполнение, а также особенностями выполнения самих заказов.

Предлагается каскадная нечеткая продукционная модель для распределения логистических заказов, позволяющая учесть: выполнение водителями дневной нормы заказов, расстояние во время простоев, расчетное время подъезда к заказам, расстояние до заказов, стоимость и назначение заказов [2]. Предлагаемая модель включает в себя: во-первых, нечеткие продукционные модели «Заказ–Назначение» и «Водитель–Заказ», основанные на фиксированном и изменяемом наборах нечетких входных переменных, соответственно; во-вторых, нечеткую продукционную модель «Водитель–Заказ–Назначение», входными переменными которой являются нечеткие выходные переменные моделей 1-го каскада, а выходной переменной – значение нечеткого бинарного отношения соответствия.

Предлагаемая модель позволяет учитывать назначение заказов при их распределении по транспортным средствам, а также неопределенность при определении бинарных отношений соответствия между этими средствами и заказами, что позволяет повысить качество принимаемых логистических решений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-29-03088_мк.

Литература

1. Юдин Д.Б., Гольштейн Е.Г. Задачи и методы линейного программирования: Задачи транспортного типа. Изд.3. – 2010. – 184 с.
2. Рязанов А.В. Распределение логистических заказов на основе алгоритма генетической кластеризации // Сб. тр. 15 Национальной конф. по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016. В 3 т. Т 3. – 2016. – С. 131–138.

Секция 15

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И САПР

Руководитель секции: Топорков Виктор Васильевич

Секретарь секции: Лешихина Ирина Евгеньевна

А.А. Тинякова, студ.; рук. В.А. Краюшкин, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЗВЕНА IoT СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ МИКРОКОМПЬЮТЕРА RPi-V3

Интернет вещей (Internet of things, IoT) – это сеть «умных» устройств на основе микрокомпьютерных структур. Из-за большого разнообразия таких структур возникает проблема унификации архитектуры базового элемента – звена IoT. В качестве примера был выбран универсальный, многофункциональный, распространенный и программируемый микрокомпьютер Raspberry Pi V3 [1].

Как звено IoT, RPi в совокупности с сенсорами и актуаторами выступает в качестве типовой умной вещи. Исследования показали, что существуют несколько средств разработки программного обеспечения для типовой IoT вещи, среди которых наиболее эффективным оказалась платформа ThingWorx. ThingWorx представляет собой набор инструментов и функций, призванных помочь в разработке персональных приложений с определенными требованиями.

Набор базовых инструментов ThingWorx Foundation, средства коммуникации ThingWorx Edge Microserver, ThingWorx Connectivity Server и набор сервисов ThingWorx Composer позволили создать на платформе ThingWorx шаблон звена IoT на основе RPi.

Практическое применение разработанного шаблона проводилось на нескольких наиболее популярных примерах звена IoT: RPi B2 с подключенными датчиками температуры и влажности DHT11, инфракрасным датчиком движения Pir Sensor и светодиодом, а также RPi V3 с подключенными датчиками температуры и влажности DHT11, ультразвуковым датчиком движения HC-SR04 и светодиодом. В качестве платформы IoT применялся ThingWorx 7.4, тестировались также звенья, интегрируемые на бета-версии ThingWorx 8.x.

Опыт, полученный в результате работы, может быть распространен и на звенья IoT, построенные на любых других микрокомпьютерных/микропроцессорных сборках, использующих клоны Linux.

Литература

1. **Тинякова А.А.** Графический WEB-интерфейс IoT-решений на основе микроконтроллера Rpi-V3. // РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА: Двадцать четвертая Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов (15-16 марта 2018 г. Москва): Тезисы докладов. – М.: ООО «Центр полиграфических услуг «Радуга», 2018. – С. 254.

Д.А. Лурье, студ.; рук. В.А. Логинов, проф., к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗВУКОВЫХ ИСТОЧНИКОВ

Современные системы звукоусиления – это достаточно сложные технические комплексы. В них входят не только усилители и громкоговорители, но оборудование обработки звукового сигнала. Для получения хороших результатов очень важен этап их установки и настройки. Настройка таких технических комплексов требует не только большого опыта инсталляции, но и знания теории звука, принципов работы громкоговорителей и взаимодействия их между собой. Правильная установка источников звука – один из главных критериев успеха. Каждая фирма, выпускающая профессиональное звуковое оборудование, стремится упростить и автоматизировать для монтажников задачу правильной установки и подвеса источников звукового сигнала. Не исключением стала и компания «Унвис-Про», которая продвигает на рынке отечественное оборудование собственной разработки.

Основной задачей, решаемой в данной работе, является исследование имеющихся на сегодняшний день программ, которые могут рассчитывать углы для подвеса линейных массивов [1] и установки граунд стеков по всем канонам теории звука. Кроме того, необходимо разработать оригинальную программу, которая бы позволила выполнять подобные расчеты для оборудования конкретной компании, а в перспективе сделать эту программу универсальной и для других производителей звукового оборудования. Планируется использовать язык C++ для создания компьютерной версии программы, а также на языке Swift сделать мобильную версию для использования непосредственно во время монтажа на случай возникновения неучтенных ранее особенностей объекта озвучки.

Компьютерная программа находится в процессе настройки пользовательского интерфейса. Все основные этапы, такие как: выбор алгоритма расчета подвеса J-образного линейного массива, сравнение с аналогичными программами конкурентов результатов и тестирование программы в реальных условиях – успешно пройдены. Возникшие в процессе тестирования ошибки – оперативно устранены. Так что можно сказать о том, что программа готова к использованию продвинутым пользователем. После завершения работ по разработке «дружественного» для простого пользователя интерфейса, можно переходить к написанию мобильной версии программы, что гораздо проще, так как алгоритм уже известен.

Литература

1. Умняшкин С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов. Изд. Техносфера 2016. – 529 с.

*А. В. Крупецков, студент; руководитель М.В. Фомина, к.т.н., доц.;
(НИУ «МЭИ»)*

АЛГОРИТМ UD3 ИНДУКТИВНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПОНЯТИЙ НА ОСНОВЕ ДЕРЕВЬЕВ РЕШЕНИЙ

Одной из важных проблем в современных интеллектуальных системах обработки данных, системах принятия решений и системах классификации является проблема индуктивного формирования понятий, или обобщения. Обобщение связано с поиском логических закономерностей на основе построения правил, способных объяснить имеющиеся факты и предсказывать новые. Задача классификации на основании полученных закономерностей позволяет отнести новые, ранее не рассмотренные, объекты к какому-либо классу [1].

Известен ряд алгоритмов, формирующих решающие правила в виде дерева решений, прежде всего, это алгоритмы ID3 и C 4.5 [2], предложенные Куинланом. Одной из проблем для этих алгоритмов являются сложности, возникающие при обработке неполной и противоречивой информации. В работе был исследован алгоритм UD3, разработанный С.Фахрамадом и С.Джафари [3]. Этот алгоритм основан на идеях алгоритма ID3, однако, при поиске наиболее информативных атрибутов используется иная методика, основанная на сравнении битовых строк, сопоставленных атрибутам обучающей выборки. Алгоритм UD3 может обрабатывать неполные и неточные данные, при этом строится система решающих правил, которым сопоставляются оценки достоверности *confidence* и *support*, что позволяет работать с неточными и неполными примерами в обучающих выборках.

Была выполнена программная реализация трёх алгоритмов построения дерева решений и проведён машинный эксперимент. Реализованы механизмы сокращения построенного дерева решений. Результаты тестирования подтвердили, что алгоритм UD3 более успешно справляется с обработкой неточной и неполной информации, чем алгоритмы ID3 и C 4.5.

Литература

1. **Вагин В.Н., Головина Е.Ю., Загорянская А.А., Фомина М.В.** . Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах. М.: Физматлит, 2008.
2. **Quinlan J.** Improved use of continuous attributes in C4.5, Journal of artificial intelligence research, №4, 1996
3. **S.M. Fakhrahmad, S. Jafari.** Uncertain Decision Tree Inductive Inference, World Congress of Engineering 2008

А.С. Ефимов, студ.; рук. В.А. Логинов, проф., к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ АФАР ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СВЧ-КОНТРОЛЯ

В настоящее время сложно представить общество без средств обмена информацией, который осуществляется с помощью излучающей системы, называемой антенной. Антенна представляет собой радиотехническое устройство, обеспечивающее прием и передачу радиоволн.

Стимулом к интенсивному развитию теории и техники антенн послужило усложнение задач, которые ставятся перед современной радиоэлектроникой. Применяемые на практике излучающие системы из простых устройств превратились в сложнейшие структуры, состоящие из десятков тысяч функциональных элементов. Ярким примером таких систем служат активные фазированные антенные решетки (АФАР), в состав которых входит множество излучателей, усилителей, фазовращателей, аттенуаторов и других важных модулей. Подобный тип антенных устройств, работающих на сверхвысоких частотах (СВЧ), активно применяется в радиолокации и радионавигации [1].

Для предотвращения сбоя в работе АФАР необходимо постоянно обеспечивать динамический контроль излучающей системы. Он заключается в построении диаграммы направленности (ДН) и ее анализе с целью определения таких основных характеристик, как ширина главного лепестка, коэффициент направленного действия (КНД), уровень боковых лепестков (УБЛ).

Основной задачей настоящей работы является разработка программного обеспечения (включая графический пользовательский интерфейс) для построения и отображения в двумерном и трехмерном виде ДН АФАР по задаваемому амплитудно-фазовому распределению на излучающих элементах, а также снятие вышеупомянутых характеристик и проведение ряда математических экспериментов с целью исследования влияния количества неисправных излучателей АФАР на форму ее ДН. В ходе выполнения поставленной задачи были использованы следующие программные средства: среда разработки *Microsoft Visual Studio*, инструментальные средства открытой библиотеки *Qt* и система математических расчетов *Matlab*. Работа выполняется по заданию предприятия ПАО «НПО «Алмаз».

Литература

1. **Воскресенский Д.И., Степаненко В.И., Филиппов В.С.** Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток. Под ред. Д.И. Воскресенского. 3-е изд. доп. и перераб. – М.: Радиотехника, 2003. - 632 с.: ил.

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

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОВЗОВ

Система Tecnomatix Plant Simulation от компании Siemens широко используется для имитационного моделирования систем и процессов. Система предназначена для моделирования и анализа материалопотоков, загрузки ресурсов, логистики и метода управления для всех уровней планирования от целого производства и сети производств до отдельных линий и участков.

Основные задачи данной работы:

- 0) Изучение и описание технологии производства электровозов в цифровой модели средствами Tecnomatix Plant Simulation.
- 1) Разработка динамических моделей технологического процесса, обеспечивающих планирование, управление в реальном масштабе времени с учетом всех производственных ресурсов предприятия.
- 2) Проведение экспериментов с моделью на реальных данных для получения объективных результатов по работе предприятия с целью:
 - выявления и устранения недостатков существующей организации работы,
 - анализа и выработки корректирующих воздействий на текущие производственные процессы,
 - совершенствования текущих планов выпуска электровозов,
 - формирования планов их выпуска на несколько лет.

В работе представлена модель, включающая в себя методику распределения персонала по местам работы (станкам и сборочным станциям), вычисление количества выпущенных электровозов за любой промежуток времени в реальном времени, задание количества смен, автоматическое построение материалопотока по предоставленным технологическим процессам, которые находятся в табличной форме в программе Tecnomatix Plant Simulation, а также представляемые для наглядности с помощью таблиц Ганта результаты имитационного моделирования, позволяющие увидеть, что происходило с персоналом и со станками в любой промежуток времени работы производства.

Для разработки методов (кодов подпрограмм) использовался язык Simulink.

А. С. Ермаков, студент; руководитель В.А. Курдин, ст. преп.; (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ КЛИЕНТСКОГО МОДУЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ АБОНЕНТА БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ BLUETOOTH

Количество услуг, которые основываются на местоположении абонента, в последние годы постоянно увеличивается. В связи с этим возникает спрос на различные технологии, которые позволяют определять местоположение [1]. Однако привычные технологии глобального позиционирования нельзя применять в тех случаях, когда невозможно установить прямую связь со спутниками, позиционирование абонентов сети GSM также затруднено в помещении. Таким образом, для позиционирования внутри помещений (indoor positioning) необходима альтернативная технология, которая будет менее зависима от внешних факторов.

Основные сигналы, которые возможно использовать для позиционирования внутри помещений, обычно являются дополнительными. Это, например, WI-FI, ячейка сотовой сети, радиочастотная идентификация и Bluetooth [2]. Некоторые из них имеют низкую точность, в то время как другие являются дорогими для развёртывания, некоторые сложны в калибровке, какие-то требуют большое количество энергии и имеют плохую автономность. Необходимо искать компромисс для выбираемого сигнала в зависимости от требований.

В рамках этой проблемы в данной работе рассматривается использование технологий Bluetooth и LoRaWAN для развёртывания локальной системы позиционирования, которая будет достаточно эффективной и простой в обслуживании [3]. В качестве основных аппаратных компонентов используются микроконтроллер STM32L072RZ и модуль Telit RE866. Разработанная программа клиентского модуля позволяет получать данные RSSI и передавать их на сервер для дальнейшей обработки.

Литература

1. The Rise of Indoor Positioning. A 2016 Global Research Report On The Indoor Positioning Market: IndoorAtlas, 2016.
2. **Pavel Davidson and Robert Piché.** A Survey of Selected Indoor Positioning Methods for Smartphones, 2017.
3. **R. Faragher, R. Harle.** An Analysis of the Accuracy of Bluetooth Low Energy for Indoor Positioning Applications, 2014.

В. Н. Щербакова, асп.; рук. М. В. Фомина, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**МЕТОДЫ ПОИСКА ПРЕЦЕДЕНТОВ НА ОСНОВЕ
ДЕРЕВЬЕВ РЕШЕНИЙ**

Современное развитие интеллектуальных систем требует разработки систем поддержки принятия решений реального времени, ИСППР РВ, ориентированных на открытые и динамические предметные области [1, 2]. Одним из методов принятия решений в таких системах является вывод на основе прецедентов. В этом методе принятое ранее решение в конкретной ситуации используется для адаптации поиска решения в новой, ранее не возникавшей, ситуации

Для ИСППР РВ важной задачей является быстрый поиск прецедента, максимально близкого к новой ситуации. В том случае, когда база прецедентов (БП) велика, ускорению поиска способствует структуризация БП. Структуризация БП выполнена следующим образом. Предварительно БП разбивается на кластеры. Прецеденты группируются по критерию сходства на основе заданной меры близости. Формируются решающие правила для отнесения примера к кластеру. Далее для каждого кластера с помощью алгоритма С 4.5 [3] строится дерево решений, определяющее возможность выбора конкретного примера в кластере. Для поиска подходящего прецедента к новой ситуации используется дерево решений ближайшего к ней кластера.

Проведён машинный эксперимент на различных наборах данных. Рассмотрена проблема выбора признаков, характеризующих прецедент, для получения компактных кластеров. Так же экспериментально подтверждено, что деревья решений, сопоставленные кластерам, имеют небольшую глубину, в частности, для выбора конкретного прецедента требуются не более двух дополнительных проверок условий.

Литература

1. **Варшавский П.Р., Еремеев А.П.** Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений// Искусственный интеллект и принятие решений. 2009. № 2. С. 45–47
2. **Варшавский П.Р., Еремеев А.П.** Методы правдоподобных рассуждений на основе аналогий и прецедентов для интеллектуальных систем поддержки принятия решений// Новости искусственного интеллекта. – 2006. – №3. – С.39-62
3. **Quinlan J.R.** Generating production rules from Decision Trees. Proc. of IJCAI 87. Milan, 1987

Секция 16

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, СЕТИ И СИСТЕМЫ

Руководитель секции: Абросимов Леонид Иванович

Секретарь секции: Руденкова Маргарита Андреевна

*Е.В. Найдёнов, ст. преп.
(Филиал МЭИ в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА МИНИАТЮРНОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С АВТОНОМНОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

В настоящее время в ряде зарубежных стран миниатюрный специализированный технологический комплекс (МСТК) позиционируется как базовый инструмент для проведения первичных лабораторных испытаний *in vitro* и получения биохимического продукта перед запуском его в серийное производство. Сегодня при разработке МСТК существует ряд проблем с организацией системы автономного управления. В связи с чем, возникает необходимость разработки новых моделей и методов автономного управления, адаптированных к изменениям в динамично изменяющейся среде МСТК в режиме реального времени.

В работе описан процесс разработки МСТК Lab Starter One, предназначенного для организации и контроля протекания длительных, серийных, быстроизменяющихся во времени химико-технологических испытаний в микробиологической среде с автономной системой управления. Тематика работы входит в перечень приоритетных направлений научных исследований Правительства Российской Федерации и продолжает изыскания проекта РФФИ №94-04-13544.

В основу системы управления МСТК положена разработанная совокупность способов автономного управления, на базе предложенного автором сессионного метода автономного управления [1]. Каждый из способов позволяет реконфигурировать функциональные системы МСТК и адаптировать их к особенностям протекания реализуемых технологических процессов. Рассмотрены особенности подготовки МСТК к старту, а также управления комплексом при стационарном и нестационарном протекании технологических процессов. Даны рекомендации по сборке и комплектованию МСТК функциональными системами. В настоящее время собран опытный образец МСТК Lab Starter One, на котором проводятся тестовые серийные испытания технологических процессов различной сложности.

Область исследования относится к отраслям производства, которые всецело зависят от качественного функционирования автономной системы управления. Среди таковых можно назвать отрасли ядерной, химической, пищевой, военной, космической промышленности и многое другое.

Литература

1. Найдёнов Е.В., Жендарев М.В. Способы автономного управления миниатюрным специализированным технологическим комплексом // Радиотехника. 2018. №5. С. 106-120.

П.Е. Негрцова, студ.; рук. М.А. Руденкова, асс. (НИУ «МЭИ»)

СРАВНЕНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ В ЦИФРОВОМ УНИВЕРСИТЕТЕ НА ОСНОВЕ ОТКРЫТЫХ РЕШЕНИЙ

В рамках концепции цифровой экономики образовательные организации рассматривают возможности внедрения систем управления обучением (LMS - от англ. Learning Management Systems) в образовательный процесс, поэтому существует проблема выбора удобного масштабируемого решения.

Для сравнения была разработана классификация функций LMS. Основные типы функций:

- инструменты для распространения и получения информации (поддержка различного типа контента, как мультимедийного – видео, аудио, презентации, так и тестового – лекции, таблицы, картинки);
- инструменты для практического обучения и контроля за усваиваемой информацией (журнал оценок, мультимедийные упражнения, тестовые задания, лабораторные работы);
- средства для коммуникации (видеоконференции, форумы, электронная почта, чат, блоги, совместное написание статей);
- управление LMS (управление ролями, интеграция с внешними базами данных, поддержка загрузки/выгрузки данных).

В докладе приводится полная разработанная классификация, сравнение существующих открытых решений для LMS по функционалу, возможностям масштабирования, изменению интерфейса и особенностям рассматриваемых систем.

Литература

1. **Wise L., Quealy J.** LMS Governance Project Report // Report for the Melbourne- Monash Collaboration in Educational Technologies, 2006. – 91 p.
2. **Blackburn G.** A university's strategic adoption process of an PBL-aligned eLearning environment: an exploratory case study // Educational Tech Research Dev. – 2017. – Vol 65, Is 1. – P. 147-176.
3. **Emelyanova N., Voronina E.** Introducing a Learning Management System at a Russian University: Students' and Teachers' Perceptions // IRRODL – 2014. - Vol 15, No 1. – P. 272-289.

Т. А. Епихина, студент; рук. М. А. Руденкова, асс. (НИУ «МЭИ»)

СРАВНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ОТКРЫТЫХ РЕШЕНИЙ

В настоящее время на предприятиях продолжает увеличиваться количество средств вычислительной техники. Проведение ручной инвентаризации данных средств занимает много времени из-за большого объема данных, и может приводить к ошибкам.

В данной работе решается проблема выбора масштабируемого и модульного средства для инвентаризации ВТ из готовых открытых решений.

В докладе представлено сравнение функциональных особенностей программных средств инвентаризации на основе открытых решений. Например, GLPI, OCS Inventory, RackTables, Open-Audit.

Функции программных средств инвентаризации:

- 1) Учет физических компонентов компьютеров.
- 2) Учет серверного оборудования.
- 3) Графическое расположение компонентов в стойке.
- 4) Учет интерфейсов, их IP адресов и скорость.
- 5) Учет программного обеспечения.
- 6) Назначение оборудования по географическим регионам для пользователей и групп.
- 7) Резервирование оборудования
- 8) Агент, выполняющий автоматический сбор информации об аппаратном и программном обеспечении.
- 9) Управление лицензиями ПО.

В работе учитывается возможность интегрирования нескольких систем, наличие иерархии прав доступа для пользователей, возможности модификации и масштабирования готовых систем для интеграции с другими системами в рамках предоставления ИТ услуг.

Литература

1. **Rudd C.** An introductory Overview of ITIL // Copyright itSMF. - 2004. -40 p.
2. **Алехин З.** ITIL - основа концепции управления ИТ-сервисами // Открытые системы - 2001. - №10. - с. 32-36.

М.С. Никитенко, студ.; рук. Д.А. Карвовский, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)
**УСКОРЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА КОНУСНОЙ
ТРАССИРОВКИ ВОКСЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ УСЕЧЕННОЙ
ПИРАМИДЫ MIP-УРОВНЕЙ**

В настоящее время компьютерная визуализация в реальном времени является одним из самых популярных методов представления данных, связанных с информационными системами, из-за предоставления пользователю визуальной обратной связи и интерактивности.

Благодаря приведенным свойствам визуализация в реальном времени используется в системах виртуальной и дополненной реальности. Помимо перечисленных выше качеств, данные системы требуют от визуализации в реальном времени фотореалистичности, достигаемой в первую очередь благодаря физически корректному моделированию освещения трехмерной сцены. Наиболее точным из методов, позволяющих рассчитать такое освещение, избегая ресурсоемкой трассировки лучей, является метод конусной трассировки вокселей [1].

Однако приведенный метод требователен к памяти видеоадаптера из-за необходимости хранения трехмерной текстуры воксельного представления сцены. Данный недостаток помогает решить применение воксельного октодеревя или трехмерных усеченных пирамид MIP-уровней [2].

Воксельное октодерево действительно сокращает размер трехмерной текстуры, но ввиду сложности получаемой структуры данных визуализация занимает большое количество времени. Результатом применения усеченной пирамиды MIP-уровней является простая структура данных, работа с которой не занимает большого количества времени, однако данная модификация в оригинальном виде имеет узкие места, ускорив которые, можно получить значительный прирост в производительности.

В докладе приводятся результаты исследования алгоритма с выявлением узких мест и предложением способов их устранения, а также результаты разработки ускоренного модифицированного метода конусной трассировки вокселей.

Литература

1. **Crassin C., F. Neyret, M. Sain, S. Green, E. Eismann** Interactive Indirect Illumination Using Voxel Cone Tracing // The 19th Pacific Conference on Computer Graphics and Applications, September 21th-23th, 2011 in Kaohsiung, Taiwan
2. **Pantelev A.** Practical Real-Time Voxel-Based Global Illumination for Current GPUs // Proceedings of the 2014 ACM SIGGRAPH symposium on Interactive 3D graphics and games, March 14th-16th, 2014 in San Francisco, California, USA

Д.А. Еришов, студ.; рук. Д.А. Орлов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**УСКОРЕНИЕ МЕТОДОВ ТАЙЛОВОЙ И КЛАСТЕРНОЙ
ВИЗУАЛИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ ТРЕХМЕРНЫХ СЦЕН**

Современные системы визуализации реального времени стремятся достичь фотореалистичной графики, для чего очень важен корректный расчет освещенности объектов сцены. Сложные трехмерные сцены могут содержать огромное количество источников света. Расчет освещенности в подобных сценах является сложной вычислительной задачей, что является серьезной проблемой.

Стандартные методы прямой визуализации (forward rendering) и отложенного расчета освещенности (deferred shading) неспособны обеспечить эффективный расчет освещенности в сценах с большим количеством источников света.

Методы тайловой и кластерной визуализации позволяют существенно ускорить процесс расчета за счет отсечения источников света, не влияющих на освещенность внутри определенных ячеек трехмерного пространства, разбиение на которые выполняется с помощью усеченных пирамид тайлов или кластеров соответственно [1].

Узким местом данных методов является этап отсечения источников света, выполняемый их полным перебором для каждой ячейки трехмерного пространства. Данный этап можно существенно ускорить за счет построения иерархии ограничивающих объемов (BVH – Bounding Volume Hierarchy) источников света, присутствующих в сцене, что позволит быстро определять подмножество источников света, потенциально влияющих на освещенность внутри ячейки пространства.

В результате проведенного исследования разработан эффективный способ построения BVH непосредственно на GPU с применением кодов Мортонa [2] и гибридной сортировки [3]. На основе предложенного способа разработана программная реализация ускоренного метода кластерной визуализации, полноценно использующая параллелизм для эффективного выполнения всех этапов метода непосредственно на GPU.

Литература

1. **Olsson O., Billeter M., Assarsson U.** Clustered deferred and forward shading. High Perform. Graph. 2012. С. 1–10.
2. **Morton G.** A computer Oriented Geodetic Data Base; and a New Technique in File Sequencing – Ottawa, Canada 1ed: IBM Ltd. – 1966
3. **Green O., McColl R., Bader D.** GPU Merge Path – A GPU Merging Algorithm // Proceeding of the 26th ACM international conference on Supercomputing – ICS '12. – DOI: 10.1145/2304576.2304621

А.А. Волкова, студ.; рук. Л.И. Абросимов, д.т.н., проф. (МЭИ, Москва)

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

На сегодняшний день разработка и модернизация эффективно функционирующих региональных и корпоративных вычислительных сетей (ВС) является сложным и трудоемким процессом.

При разработке ВС для качественной оценки ее производительности необходимы модели, которые: учитывают реальную размерность ВС; базируются на аналитических соотношениях, позволяющих оперативно и детально оценивать предельную производительность ВС; позволяют однозначно, с необходимой детализацией соотносить результаты, определенных для элементов моделирования, с параметрами устройств ВС.

В данной работе за основу берется математическая модель, которая описывает топологическую структуру ВС (топологическая матрица). Эта модель предоставляет информацию об устройствах (тип, кол-во разъемов) и о соединениях между ними (тип линии связи, тип канала связи) в пределах одной комнаты.

В связи с тем, что существующая топологическая структура описывает соединения в рамках одной комнаты, актуальными становятся следующие задачи: расширение данной модели до уровня этажа, корпуса, здания и конкретной территории; визуализация существующей сети; возможность создания новой топологической матрицы ВС (для любого ее уровня) или отображения/изменения существующей.

Для решения этих задач было создано приложение для Windows на языке C#, с помощью интерфейса программирования Windows Forms, в среде Visual Studio 2015, которое позволяет: создать топологическую матрицу для новой ВС или отобразить/изменить для существующей; получить информацию о характеристиках устройств на каждом уровне; для визуализации существующей сети используется Excel, в ячейках которого располагаются изображения всех имеющихся устройств и соединений. Также, все необходимые данные о соединениях и об устройствах ВС хранятся в таблицах Excel.

За счет того, что с помощью данного приложения не составляет труда получить или изменить информацию о конкретном устройстве или соединении, существенно упрощается администрирование ВС реального размера.

Литература

1. **Абросимов Л.И.** Базисные методы проектирования и анализа сетей ЭВМ: учебное пособие / Л.И. Абросимов. – М.: Университетская книга, 2015.- с. 227-235.

А. А. Шульга, студ.; рук. А. Ф. Крюков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ИНФОРМАЦИИ

С развитием информационных технологий бесспорно возрастает и их влияние на нашу жизнь. Неявно проблема распространения ложной информации встает на первое место во многих сферах. Решение данной проблемы очевидно в поиске достоверной информации, объективно опровергающей ложную. Достаточно трудоемкая задача поиска такой информации возлагается на пользователя. Причем, часто о подобной деятельности неизвестно другим пользователям.

Определение достоверности информации сводится к поиску подтверждающих или опровергающих утверждений. Пользователи сети Интернет нередко устраивают споры относительно таких утверждений, однако их комментарии ничем не аргументированы. Выявление ложной информации таким образом невозможно. Некоторые СМИ пользуются этим фактом и по разным причинам позволяют себе публиковать заведомо ложную информацию [1].

В данном докладе автором предлагается метод для определения достоверности информации путем последовательного аргументированного опровержения ложных утверждений или подтверждения истинных. Метод также предполагает ранжирование СМИ по степени достоверности публикуемой ими информации. Подразумевается, что метод будет применяться в достаточно большом заинтересованном в получении достоверной информации сообществе пользователей. Кроме этого, вводится рейтинг участника, позволяющий в некоторой степени ограничить доступ недобросовестным пользователям.

В основе метода лежит диалектическая логика [2]. Метод описывает модель информации и способ определения конечного коэффициента достоверности. Модель имеет древовидную структуру, элементами которой являются атомарные утверждения. Определение достоверности информации сводится к определению достоверности этих утверждений. Если утверждение не имеет опровержения, оно считается истинным. Очевидно, применение метода дает положительный результат тогда, когда существует опровержение ложного утверждения.

Литература

1. **Зелинский С. А.** Манипуляции массами и психоанализ. СПб.: СКИФИЯ, 2008
2. **Dialectical Logic.** Диалектическая логика в Живом Журнале. URL: www.dia-logic.livejournal.com

М. А. Прокофьев, студ.; рук. А. В. Филатов, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ СИММЕТРИЧНОГО БЛОЧНОГО ШИФРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРАФИЧЕСКОГО УСКОРИТЕЛЯ

В современном мире информация играет важную роль в жизни человека. Ежедневно в мире обрабатываются терабайты данных, шифрование которых является довольно непростой задачей.

Среди всех разновидностей алгоритмов шифрования особую роль играет класс симметричных блочных шифров. Сходство процедур шифрования и дешифрования, высокая степень обеспечения защиты данных и производительности, по сравнению с другими классами, обеспечили ему большую популярность и широкое распространение [1].

Большинство ПО, реализующие данные алгоритмы, только в редких случаях используют весь доступный потенциал оборудования, в частности различные графические ускорители. По этой причине процесс шифрования может занимать продолжительное время, что является неприемлемым при высокоскоростной обработке данных, и делает ускорение данного процесса актуальной задачей.

Именно с целью решения этой задачи автором было проведено исследование, в рамках которого были проанализированы существующие алгоритмы блочного шифрования (*AES* и ГОСТ Р 34.12-2015) [1] [2], а также разработаны специальные библиотеки, реализующие эти алгоритмы с использованием технологий параллельного программирования (в частности *OpenCL*) [3].

С примерами полученных в рамках исследования показателей скорости шифрования файла размером 1024 МБ можно ознакомиться ниже:

Таблица 1

Скорость шифрования данных в МБ/с алгоритмами *AES* и ГОСТ

<i>AES-256</i>			ГОСТ Р 34.12-2015		
<i>CPU</i>	<i>OpenCL-CPU</i>	<i>OpenCL-GPU</i>	<i>CPU</i>	<i>OpenCL-CPU</i>	<i>OpenCL-GPU</i>
35,23	127,680798	436,1158433	3,30	36,70514015	109,2499733

Литература

1. **Современные алгоритмы блочного шифрования и методы их анализа.** Л. К. Бабенко, Е. А. Ишукова. – М.: Гелиос АРВ, 2006. – 376 с.
2. **ГОСТ Р 34.12—2015.** Информационная технология. Криптографическая защита информации. Блочные шифры. —М.: Стандартинформ, 2015.— 6 с.
3. **OpenCL Overview.** URL: <https://www.khronos.org/opencv/>

Е.А. Филонов, студ.: рук. С.А. Чернов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

Принципиальные электрические схемы являются одним из удобных способов представления цифровых устройств. В настоящее время, в основном, такие схемы разрабатываются с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР).

Однако в определенных случаях возникает необходимость отказаться от использования САПР. Например, на первых этапах обучения схемотехнике студентам необходимо разрабатывать схемы без использования подобных систем. Кроме того, большинство промышленных САПР не позволяют создавать схемы, соответствующие ГОСТ 2.743-91 [1] ввиду ориентации на международные стандарты обозначения элементов, что может создавать сложности в условиях необходимости создания проектной документации, удовлетворяющей ГОСТ.

Распознавание графических изображений таких схем смогло бы значительно упростить процесс создания цифровых устройств, избавив разработчиков от необходимости одновременно реализовывать одинаковые схемы с помощью нескольких программных продуктов. Разрабатываемая система позволит производить проверку схем на предмет соответствия требованиям ГОСТ и корректности соединений, а также создавать описание схемы в формате, пригодном для дальнейшего моделирования.

В докладе описываются основные этапы обработки изображения при распознавании схем, разработанные алгоритмы, позволяющие решить поставленную задачу, а также существующие подходы к решению похожей задачи [2].

Литература

1. ГОСТ 2.743-91. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники. изд. – М. Издательство стандартов, 1991
2. **Yuchi Liu, Yao Xiao.** Circuit Sketch Recognition
https://stacks.stanford.edu/file/druid:bf950qp8995/Liu_Xiao.pdf

С.Е. Марков, студ.; рук. С.В. Вишняков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА РАЗМЕЩЕНИЯ УЗЛОВ
НЕРЕГУЛЯРНОЙ СЕТКИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ
НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

Размещение узлов нерегулярной сетки является весьма трудозатратным алгоритмом поэтому была предпринята попытка заменить алгоритм на нейронную сеть.

Процесс создания нейронной сети включает в себя проектирование структуры нейронной сети, подбор данных для обучения, подбор данных для тестирования, выбор метода обучения, собственно процесса обучения нейронной сети на обучающих данных, проверка на тестовых данных и корректировка предыдущих шагов, если проверка на тестовых данных показала неудовлетворительный результат.

Одной из основных задач при создании нейронной сети является выбор метода обучения[1]. В данной работе были исследованы несколько методов обучения: метод Монте-Карло, метод сканирования, метод корректировки весов и обучение каждого веса по отдельности. Итого был выбран метод Монте-Карло.

После изучения различных видов структур нейронных сетей, было решено остановиться на перцептроне (виде структуры, в которой между поступающими данными (которые поступают на рецепторный слой) и выходом нейронной сети (реагирующим слоем) существует несколько ассоциативных слоев, но веса (значения на которые умножаются входные данные, кроме случаев рецепторного слоя) могут быть равны только 0 или 1 (в некоторых случаях ещё и -1)). Было исследовано несколько вариантов структур, но лучший результат показала структура однослойного перцептрона.

Также должна быть выбрана функция, которая показывает разницу между результатом работы нейронной сети и результатом работы по алгоритму. Такая функция называется метрикой. Если выбрать метрикой разницу между количеством узлов нерегулярной сетки и визуальную схожесть с результатом работы алгоритма, то в лучшем случае метрика равна 85%.

Литература

1. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия – Телеком, 2013, - 384 с

А.С.Войцицкая, асп.; рук. А.С.Федулов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ СРЕДСТВАМИ CPU НА ГИБРИДНОМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ КЛАСТЕРЕ

Параллельные вычисления с использованием процессоров широко распространены в настоящее время, так как необходимость получать результат за меньшее время для большого объема обрабатываемой информации с ростом задач становится все более насущной. На данный момент популярным и относительно недорогим способом создания высокопроизводительной параллельной вычислительной системы является архитектура гибридного вычислительного кластера (ГВК) [1], реализующего парадигмы параллельного программирования с использованием как центральных процессорных устройств (CPU), так и графических ускорителей (GPU).

Для разработки параллельных программ, предназначенных для реализации на CPU, в настоящий момент времени часто используются две технологии: OpenMP (для систем с общей памятью) и MPI (для систем с распределенной памятью).

ГВК содержит несколько вычислительных узлов. Память каждого узла доступна для всех узловых CPU, но не доступна для ядер других узлов.

В работе исследовано совместное использование на ГВК двух технологий распараллеливания: MPI и OpenMP. При этом взаимодействие между узлами осуществлялось с использованием технологии MPI, а с помощью технологии OpenMP распараллеливались вычисления внутри одного узла.

В процессе исследований по показателям производительности сравнивались три подхода: совместное использование MPI и OpenMP, использование только MPI и только OpenMP. В качестве тестовых примеров использовались ресурсоемкие задачи, обладающие хорошими показателями распараллеливания (вычисление определенного интеграла, матричные вычисления).

По результатам ряда экспериментов было подтверждено, что технология OpenMP по сравнению с MPI работает эффективнее и быстрее на одном узле, в архитектуре с общей памятью.

В случае вычислений на нескольких узлах совместное использование технологий OpenMP и MPI дает выигрыш в производительности по сравнению с применением только MPI.

Литература

1. Борисов В. В., Зернов М. М., Федулов А. С., Якушевский К. А. Исследование характеристик гибридного вычислительного кластера // Системы управления, связи и безопасности. 2016. № 4. С. 129–146.

А.В. Данилов, студ.; рук. С.В. Вишняков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

Построение нерегулярной сетки на изображении в реальном времени с помощью искусственной нейронной сети.

Построение сетки на изображении служит главным образом для его сжатия путем последующего замещения частей изображений на полигоны (треугольники, шестиугольники и др.), вершинами которых являются узлы сетки. Актуальность задачи определяется необходимостью понижения вычислительной сложности алгоритмов размещения узлов, использующих многочисленные операции цифровой многомерной фильтрации, за счет применения ИНС (искусственных нейронных сетей) для анализа окрестности пикселей изображения.

При разработке ИНС одним из главных критериев была скорость построения узлов на изображениях среднего размера (640x480, 800x600), для обеспечения возможности использования на непрерывном потоке изображений (видео). Структурой нейронной сети был выбран многослойный перцептрон, метод обучения – обратное распространение ошибки.

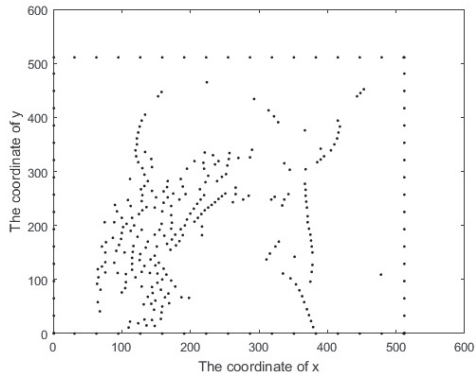


Рис. 1. Результат работы ИНС для изображения «Ленна»

Литература

1. Riedmiller, M., and H. Braun, "A direct adaptive method for faster backpropagation learning: The RPROP algorithm," *Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks*, 1993, pp. 586–591.
2. Vishnyakov S., Pekhterev V., Sokolova E. A Novel Method of the Image Processing on Irregular Triangular Meshes // Proc. SPIE 10615, Ninth International Conference on Graphic and Image Processing (ICGIP 2017). doi:10.1117/12.2302961.

А.В. Стаин студ.; рук. Л.И. Абросимов, д.т.н., проф.

Методика исследования защищенности конфиденциальной информации в общественных Wi-Fi – сетях.

Открытые Wi-Fi сети широко распространены во всем мире, у нас в России в том числе. Каждый человек минимум раз в день использует их для своих целей, поэтому защита данных в открытых Wi-Fi сетях актуальна как никогда. В проведенном исследовании предпринята попытка оценить защищенность конфиденциальность данных, передаваемых в общественных Wi-Fi сетях.

Исследование проводилось в трех моделях общественных Wi-Fi сетях: 1) Wi-Fi сеть ресторана Макдональдс; 2) Wi-Fi сеть Мосгортранс в метро; 3) Wi-Fi сеть без настроек безопасности.

Методика исследования состоит из следующих этапов: 1) Подготовка программных и аппаратных и аппаратных средств; 2) Настройка ПО для создания атаки; 3) Генерация атаки компьютером, имитатора атаки (ИА); 4) Фиксация результатов сгенерированной атаки ИА; 5) Анализ результатов ИА. Далее методика будет рассмотрена подробнее в докладе.

В ходе анализа было установлено, что во всех сетях злоумышленнику удастся перехватить весь незащищенный трафик (логины и пароли, изображения, видео и exe файлы, а также документы). В 3-ий сети, где настройка защиты не производилась, удалось обойти защищенное соединение и перехватить логин и пароль от сайта «В контакте». В случае фишинговой атаки, с помощью устройства Wi-Fi – pineapple, устройство, подменяя оригинальную сеть, создавало копию Wi-Fi – сети, заглушая ее, и все жертвы подключались к ней. Далее злоумышленник использовал исполняемый файл, который под видом запуска авторизации в Wi-Fi – сети, создавал профиль и открывал протокол telnet, что давало возможность злоумышленнику через терминал подключаться к компьютеру жертвы, просматривать и скачивать файлы с компьютера.

В качестве рекомендаций установлено, что нужно использовать связку программ CyberSafe Top Secret и Kaspersky Secure Connection, или же пару CyberSafe Top Secret и ProxyCap.

Так программы Kaspersky Secure Connection и ProxyCap делают наше соединение безопасным, но при фишинговой атаке, когда злоумышленник получил доступ к нашему компьютеру, они уже ничем не помогут. И здесь нам поможет программа CyberSafe Top Secret, которая шифрует файлы асинхронным шифрованием AES 256 бит. на нашем компьютере.

Литература

1. Сниффинг HTTPS трафика в Wi-Fi и локальных сетях [Электронный документ] (<https://forum.antichat.ru/threads/345266/>)

С. А. Минаев, студ.; рук. Д. А. Орлов, к.т.н., доц.

(НИУ «МЭИ»)

МЕТОД УВЕЛИЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫДЕЛЕННЫХ ОБРАЗЦОВ

Задача повышения разрешения изображений является одной из важнейших задач цифровой обработки изображений. Эта задача остается актуальной, например, для изображений, снятых на старые камеры низкого разрешения. Информацию, соответствующую деталям, которые нельзя увидеть в начальном изображении, можно “угадать”. Это позволило бы повысить разрешение начального изображения. Такие методы называются методами супер-разрешения (super-resolution) [1].

Традиционные методы увеличения изображений основаны на интерполяции. Поскольку любая интерполяция является всего лишь приближением, изображение будет несколько терять в качестве [2].

Методы супер-разрешения на основе образцов используют базу образцов, взятую из других изображений. В научной работе [3] предлагается подход, основанный на извлечении образцов из масштабируемого изображения. Подход пытается восстановить на каждом пикселе его наилучшее возможное увеличение разрешения на основе его исправления внутри и между масштабами. Преимуществом данного подхода является отсутствие необходимости использования базы изображений [3].

Данный метод будет реализован на GPU на языке программирования C++ с использованием CUDA – программно-аппаратной архитектуры параллельных вычислений, которая позволяет существенно увеличить вычислительную производительность благодаря использованию графических процессоров фирмы Nvidia. Результатом станет программа, обрабатывающее изображения и увеличивающая их разрешение.

Список использованных источников

1. URL: Super-resolution [<https://habr.com/post/147807/>]
2. URL: Интерполяция цифрового изображения. [<https://www.cambridgeincolour.com/ru/tutorials-ru/image-interpolation.htm>]
3. URL: Super-Resolution from a Single Image [http://www.wisdom.weizmann.ac.il/~vision/single_image_SR/files/single_image_SR.pdf]

К.Д. Мурлин, студ.; рук. М.А. Руденкова (НИУ «МЭИ»)

Сравнение средств мониторинга и управления для создания единого решения для управления рабочими станциями в университете.

В настоящее время наблюдается увеличение количества рабочих станций в корпоративных локальных сетях, а также наблюдается рост используемых технологий и программного обеспечения на них. В настоящее время не существует единого программного решения для мониторинга программного и аппаратного обеспечения, и управления различными рабочими станциями в корпоративной сети. Для создания единого программного решения для корпоративной сети университета требуется произвести сравнение существующего открытого программного обеспечения для управления и мониторинга рабочими станциями.

Открытое программное обеспечение для мониторинга и управления рабочими станциями обладает рядом функций: поддержка различных протоколов управления, различных протоколов и методов доступа для управления рабочими станциями, а также различными особенностями конкретного решения, например, интеграция с существующими информационными системами, способами хранения данных и т.д., поэтому была разработана классификация данных функций в соответствии с задачами мониторинга, управления, выявления и устранения неисправностей.

Результатом выполнения данной работы является анализ и сравнение существующих программных решений для мониторинга и управления рабочими станциями на основе открытых решений по разработанной классификации функций.

Литература

1. **Michael J.S.** Best Practices Realizing Application Performance Management, 2010.
2. **Turnbull J.** The Art of Monitoring, 2016.
3. **Frisch A.C.** Essential System Administration: Tools and Techniques for Linux and Unix Administration, 3rd Edition, 2002.

Исследование результатов внедрения разработанной сетевой оконной системы для удаленной работы на оборудовании под управлением Unix совместимой операционной системы

В.А. Суховерхий, асп.; рук. Л.И. Абросимов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

В дистрибутивах операционных систем, построенных на базе ядра совместимого с набором команд и аппаратно-программным интерфейсом операционной системы Unix, в особенности в дистрибутивах, используемых на серверном оборудовании и оборудовании, предназначенном для управления неким количеством встраиваемых устройств, входящих в состав единого управляемого массива, возникает необходимость в средствах удаленного доступа и управления из-за проблемы невозможности оператора иметь прямой доступ к управляющему или серверному устройству в связи с условиями работы оборудования находящегося в тяжелых условиях окружающей среды и с необходимостью постоянного круглосуточного контроля оборудования.

Для решения проблемы удаленного доступа к оборудованию работающим под управлением Unix-совместимого дистрибутива операционной системы, используется функционал оконной системы X Window System, но из-за отсутствия поддержки X Window System современного аппаратного обеспечения, стандартные средства удаленного доступа оконной системы не используются. Для удаленного доступа к оборудованию работающим под управлением Unix-совместимой операционной системы используется:

- Удаленный доступ к графическим приложениям, работающим в среде выполнения оконной системы, через интерфейс протокола ssh;
- Удаленный доступ к графическому окружению оконной системы X Window System, через предоставляемый программный интерфейс VNC

Разработанная оконная система для удаленного доступа была внедрена в дистрибутив Linux, предустановленного на компьютер «Эльбрус 401С», с проведением испытаний: измерение времени подключения к оконной системе; измерение времени, затрачиваемого на запуск приложения в среде выполнения оконной системы; измерение времени, затрачиваемого на обработку отклика интерфейса при удаленном взаимодействии с оконной системой.

По результатам испытаний проводимым по применению разработанной оконной системы можно сделать вывод, что разработанная оконная система решает проблему, которая возникает при передачи нагруженного графического интерфейса, приложения по сети, за счет уменьшения необходимых данных для воссоздания состояния графического интерфейса на стороне клиента.

*N. I. Egorov, 4th year student
(National Research University of Electronic Technology, Moscow)*

APPLICATION OF HARDWARE DESCRIPTION LANGUAGE VERILOG IN TEACHING TECHNICAL STUDENTS

Intensive development of high-level hardware description languages is noticeable nowadays. One of such languages is Verilog. [1] In the majority of modern scientific papers, devoted to Verilog, any attention isn't really paid to its application in the educational process, and the description of usability in real manufacturing process isn't also given. It is worth considering these aspects because the main target of contemporary higher education system is preparing highly-qualified specialists who will be competitive at the labour market. They also should be ready to decide real problems they can face at their future or current jobs. So, there is a necessity to research how students get useful practical skills which they will be able to use in the future.

The report examines a sphere of this language application in the modern educational process as well as in the IC's production on the example of the term paper devoted to the design of a system containing temperature sensors, programmable logic device (PLD). and a display. The sensors send data in the form of a binary notation to PLD via Inter-Integrated Circuit interface that converts them in a decimal one. A user sets time in hours and minutes at PLD by means of switches. Then, the time starts, the temperature converted and the time measured are sent to the display.

As a result, the following conclusions have been drawn:

1. Verilog is considered as a language to design ICs on PLD without taking its resources into account that are applied in testing the chips derived.
2. Verilog is used not only to design ICs on PLD during the real production process, but also to create scheme models and test them in order to manufacture application specific integrated circuits (ASIC). It is one of the best test writing languages for both measuring and checking the equivalence of the characteristics received for separate silicon wafer blocks to a customer's requirements and testing these individual wafer-scale chips.
3. Only one quite narrow sphere of Verilog's application istaught to technical students in the modern educational process. However, the most important aspects, which are being used in real manufacturing process, are ignored.

The recommendations, concerning some improvements in teaching the hardware description language Verilog to technical students on the basis of the results derived are given in the conclusion of the report.

Literature:

1. **Soloviev V. V.** The basics of the language design of Verilog digital hardware. Moscow: Hot line - Telecom, 2014. 206 p.

*А.А. Мишин, И.С. Тюрин, студенты; рук-ли С.В. Борисова, А.Ф. Крюков
к.т.н. проф., В.Н. Тульский, к.т.н. доц. (НИУ «МЭИ»)*

Программное обеспечение для контроля линий электропередач

Одним из наиболее важных и перспективных направлений развития отечественной электроэнергетической отрасли является цифровизация энергетики. Под цифровизацией понимают множество процессов по внедрению передовых цифровых технологий в энергетической промышленности. Примером такого процесса является автоматизация контроля и учета состояния ЛЭП.

Применяемый в настоящий момент процесс формирования листов обходов и осмотров оборудования предусматривает запись результатов осмотра, протоколов испытаний и измерений оборудования на бумажный носитель и дальнейшее внесение данных с бумажного носителя в автоматизированную систему управления процессами планирования ремонтов, диагностики и оценки технического состояния (АСУ РД и ОТС). Недостатком данного процесса является неэффективное использование рабочего времени персонала за счет дублирования действий по вводу одной и той же информации, а также вероятность внесения ошибок и неточностей при переносе данных в АСУ РД и ОТС ввиду наличия «человеческого фактора».

Для облегчения и автоматизации работы обходчика ЛЭП поставлена задача по разработке комплекса программ, предназначенного для формирования листов осмотра с помощью мобильных устройств, с возможностью дальнейшей передачи сформированных документов в АСУ РД и ОТС. Решение этих задач значительно упростит процедуру внесения в лист осмотра информации о дефектах элемента ЛЭП, а также позволит выполнить фото фиксацию дефекта.

Разработанный программный комплекс состоит из двух приложений: приложения для стационарного компьютера и приложения для смартфона.

Стационарное приложение обеспечивает получение данных из SAP ERP и их передачу на мобильные устройства, а также получение данных с мобильных устройств и их конвертацию в установленный Excel-формат.

Мобильное приложение осуществляет сбор исходных данных при проведении осмотров оборудования подстанций (ПС) и ЛЭП, ввод результатов проведенных испытаний и измерений в типовые формы, а также фото- фиксацию дефектов оборудования [1].

Литература

1. Пол Дейтел, Харви Дейтел, Александр Уолд. Android для разработчиков. - СПб.: Питер, 2017.

М. А. Руденкова, асп.; рук. Л. И. Абросимов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

АДАПТАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОТОКОЛА КОНКУРЕНТНОГО ДОСТУПА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БЕСПРОВОДНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

В настоящее время наблюдается рост различных сетевых приложений используемых в корпоративных беспроводных локальных сетях, т.к. данные сети являются общей средой с множественным доступом, существует проблема согласования изменяющегося трафика сетевых приложений и параметров настройки протоколов доступа, используемых в беспроводной локальной сети [1][2][3]. В работе рассматривается стенд беспроводной локальной сети в сетевом эмуляторе Mininet Wi-Fi состоящий из нескольких беспроводных станций подключенных к точке доступа. Для повышения производительности рассматриваемой сети представлена методика адаптации параметров протокола конкурентного доступа, на примере изменения параметров протокола расширенного распределенного доступа EDCA (от англ. Enhanced distributed channel access)[4].

В докладе представлены результаты сравнения зависимости производительности беспроводной локальной сети при передаче различного трафика сетевых приложений от настроек параметров протокола EDCA по умолчанию и с помощью разработанной методики.

Литература

1. **Jagdish Singh, Joykaran Singh.** Comparative Analysis of PCF, DCF and EDCF over IEEE 802.11 WLANs, International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, Volume-2, Issue-5, 2016.
2. **Lee, Y.** (2013). Throughput analysis model for IEEE 802.11e EDCA with multiple access categories. Journal of applied research and technology. 11. 612-621. 10.1016/S1665-6423(13)71569-4.
3. **Albert Banchs, Luca Vullero,** Throughput analysis and optimal configuration of 802.11e EDCA, Computer Networks, Volume 50, Issue 11, 2006, Pages 1749-1768.
4. **IEEE Standard for Information technology** – Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks-- Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," in IEEE Std 802.11-2016 (Revision of IEEE Std 802.11-2012) , vol., no., pp.1-3534, 14 Dec. 2016

А.И.Мегриш, студ.; рук. С.В.Вишняков к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИНТЕРФЕЙСА

В настоящее время компьютеры, планшеты, мобильные телефоны применяются практически во всех областях человеческой деятельности. Количество приложений разрабатываемых специально под них стремительно возрастает, и все они обладают своим интерфейсом, представляющим собой «рычаг» взаимодействия между пользователем и устройством, с целью получения доступа к информации, развлечения, общения и т.д.

Создание эргономичного интерфейса требует значительно большего, чем соблюдение некоторых инструкций. Такой интерфейс позволяет пользователю взаимодействовать с сайтом рационально, эффективно, максимально удобно и быстро. Многообразие вариантов размещения элементов, а также недостаточная научная проработка и систематизация соответствующего опыта, делает чрезвычайно актуальной задачу по исследованию способов оценки качества интерфейса.

Таким образом, целью исследования является разработка метода оценки качества интерфейса с использованием метода опорных векторов (SVM), позволяющего классифицировать данные по двум классам. Где в качестве входных данных будет использоваться, разработанный набор интерфейсов экспертная оценка, собранная опытным путем, состоящая из: времени пребывания пользователя в системе, количества переходов осуществляемых пользователем, множества ребер определяющих перемещение пользователя, а также среднего времени, в течение которого пользователь достигнет результата, рассчитанное по приведенной формуле (1)

$$T = a + b * \log_2 \left(\frac{D}{S} + 1 \right) \quad (1)$$

Где: T- Время достижения цели; D- Дистанция до цели; S- Размер цели; a-Время запуска/остановки движения; b-Величина, зависящая от типичной скорости движения. Константы а и b устанавливаются опытным путем.

На основании данного исследования, возможно провести более эффективную оценку, опирающуюся не только на принципы проектирования, основанные на опыте проведенных экспертами качественных исследований, но и на полученные математические характеристики web-приложения.

М. И. Rogov, студ.; рук. В. Ю. Харитонов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
Исследование применения технологии Блокчейн в сфере ЖКХ

Отрасль жилищно-коммунального хозяйства в России имеет множество проблем. Одной из наиболее злободневных для населения является проблема непрозрачности процедуры начислений за услуги ЖКХ при отсутствии реального контроля за расходованием средств управляющими компаниями. Для решения указанной проблемы в работе предлагается использовать технологию блокчейн.

Блокчейн — выстроенная по определённым правилам непрерывная последовательная цепочка блоков, содержащих информацию. Чаще всего копии цепочек блоков хранятся на множестве разных компьютеров независимо друг от друга [1]. Все пользователи блокчейна имеют доступ к цепочке блоков, выступая в качестве своеобразного коллективного нотариуса, который подтверждает истинность информации в базе данных. Основным преимуществом данной технологии является высокая степень безопасности хранения информации. После генерации блока записанные данные становятся неизменяемыми. Это позволяет прозрачно и в любой момент времени отследить, какая информация была внесена в цепочку.

В настоящее время существует множество примеров успешного применения технологии блокчейн в различных сферах жизни. Так система земельного кадастра Грузии, построенная с использованием технологии Блокчейн, позволяет уменьшить время исполнения услуг с 1-3 рабочих дней до нескольких секунд, а также сократить операционные издержки более чем на 85% [2]. Использование блокчейна Ethereum для выпуска дипломов о высшем образовании в сингапурском институте Ngee Ann Polytechnic позволило не только значительно ускорить сам процесс, но и упростить проверку подлинности сертификатов [3].

В работе предполагается разработать прототип системы для управления услугами ЖКХ на основе двух различных систем блокчейн, Ethereum и Quarkchain, с целью предотвращения простоев системы во время операций записи/считывания информации при высокой загрузке одной из цепочек блоков. Разрабатываемая система будет включать как интерфейс для пользователей для прозрачной оплаты услуг ЖКХ, так и интерфейс для контролирующих органов с целью проверки финансовых операций между пользователями, управляющими компаниями и поставщиками услуг.

Литература:

1. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Блокчейн;>
2. URL: <https://exonum.com/ru;>
3. URL: <https://www.techinasia.com/ngee-ann-blockchain-diplomas.>

**Ш. Ш. Арутюнян, аспирант;
рук. Л. И. Абросимов дтн., проф. (НИУ «МЭИ»)**

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВЫМИ РЕСУРСАМИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ГРИД-ТЕХНОЛОГИЙ

Известные на сегодняшний день алгоритмы и их комбинации, используемые в программах-планировщиках, как правило, не позволяют учитывать потребности, как пользователей, так и владельцев грид-системы. При планировании планировщики учитывают лишь некоторые критерии, например, загрузку процессора, объем свободной оперативной памяти т.д., и не учитывают такие параметры как задержка обработки в операционных системах, а так же задержки при передаче данных между узлами системы. Указанные задержки очень важны при распределении задач в грид-системах, которые являются – географически распределенными и гетерогенными. Следовательно, при распределении задач необходимо учитывать данные латентные задержки и использовать методы, снижающие их влияние на скорость распределения задач.

В представленной работе предлагается методика распределения независимых задач, основанная на детерминированном планировании, учитывающая задержки, как в каналах передачи данных, так и в узлах системы. Кроме того, учет ресурсов для заданий на основе ресурсных запросов не в полной мере определяют способ планирования, полностью оставляя в стороне вопрос о согласовании распределения ресурсов между разными заданиями. Необходимые дополнительные условия, которые можно назвать стратегией планирования. Стратегия выполнения задания является набором правил, по которым строится список назначений на ресурсы для каждой задачи [1]. В зависимости от требований и параметров задания пользователей выбирается модернизированная стратегия распределения ресурсов. Кроме этого, используются так называемые локальные расписания, позволяющие отобразить прогнозируемую загрузку узлов в ближайшее время. Затем в зависимости от требований пользователей заданий выбирается стратегия распределения ресурсов узлов грид-системы. Предложенный метод позволяет повысить эффективность распределения задач и учитывать потребности, как пользователей так и владельцев грид-систем.

Литература

1. **Топорков В.В.** Модели распределенных вычислений. – М.: ФИЗМАТЛИТ. 2004. – 320 с.

М.Д. Новичков, студ.; рук. Д.А. Орлов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

Ускорение деления чисел в системе остаточных классов

Система остаточных классов (СОК) является эффективным решением таких проблем организации вычислений как ускорение выполнения арифметических операций, высокоточные вычисления, контроль и коррекция результатов арифметических операций. Однако операции сравнения и деления в СОК являются вычислительно затратными. Поэтому поиск пути ускорения выполнения операции деления является актуальной задачей.

Среди методов деления в СОК был выбран метод, описанный в описании патента RU 2559771. Вычислительная сложность данного метода имеет асимптотику $O(n)$, где n — разность порядков делителя и диапазона. Чем больше делитель, тем быстрее будет выполнено деление. Алгоритм включает два цикла, поэтому его оптимизация заключается в минимизации итераций в них. В базовом алгоритме назначение первого цикла заключается в поиске степени двойки w , умножив на которую делитель, получим число близкое к верхнему пределу диапазона СОК P , такой, что соблюдается условие $2^{(w+1)} > P$. И за одну итерацию происходит умножение на 2, проверка условия "меньше единицы" и инкремент счётчика итераций.

Был разработан модифицированный алгоритм, в котором введено параллельное вычисление n значений $F(B)$ — умноженных на степени двойки относительных значений делителя, где n равно количеству используемых нитей программы. Далее — умножения $F(B)$ на заранее вычисленные константы $2^{(r+1)}$, где r — номер нити, имеет значение от нуля до n . Затем над всеми $F(B)$, что меньше единицы, выполняется редукция поиска максимального. Если для найденного максимального $r=n-1$, то к значению степени w (по умолчанию $w=0$) прибавляется $r+1$, а над текущим максимальным $F(B)$ будет выполнена следующая итерация цикла. Иначе старшая степень двойки найдена и будет сразу присвоена переменной w . Количество шагов редукции равно $\log_2 n$, округлённое с избытком.

Базовый и модифицированный алгоритм реализованы программно. Программы написаны на языке C++ с использованием OpenMP. В реализации модифицированного алгоритма было использовано 6 потоков. Получен коэффициент ускорения 1,41666.

Литература

1. **Акушский Н.Я., Юдицкий Д.И.** Машинная арифметика в остаточных классах, М. "Советское радио", 1968. — 440 с.
2. **Бабенко М.Г., Червяков Н.И., Лавриненко И.Н., Ляхов П.А.** Устройство для основного деления модулярных чисел. — патент RU 2559771, G06F 7/72.

Секция 17
УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАТИКА
В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Руководитель секции: Анисимов Дмитрий Николаевич
Секретарь секции: Федорова Екатерина Владимировна

А.Н. Гаврилов студ.; А.Ю. Невский к.т.н. доцент (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

Для обеспечения безопасности организаций в информационной сфере большое внимание придается системам менеджмента информационной безопасности (далее – СМИБ). Построение системы менеджмента в соответствии с требованиями стандарта [1] основывается на PDCA модели, одной из фаз которой, является фаза оценки эффективности и производительности СМИБ. Очевидно, существует необходимость в разработке обобщенной формализованной модели и в определении критериев оценки, позволяющих оценивать эффективность СМИБ.

Предлагается разработать модель, которая позволит оценить эффективность функционирования системы с учетом экономических, временных, вероятностных и иных характеристик (т.е. обладающая универсальностью). Кроме того, модель может быть детализирована для конкретной организации или любой ее части, включая ИТ-системы, персонал, информацию, процессы деятельности и т.д. Модель строится на основе потока инцидентов, вычисления интенсивности возникновении инцидентов ИБ на основе теории массового обслуживания. Вводятся понятия стоимости обработки одного инцидента, ущерба от единицы инцидента и стоимости применения обнаруживающих защитных мер в течении выбранной единицы времени.

Для ранжирования предлагается ввести категории совершенствовании СМИБ. Целесообразно выделять три основных свойства эффективности СМИБ: способность обнаруживать отказы самих защитных средств; способность обнаруживать и быстро реагировать на инциденты; способность противодействовать инцидентам в непредвиденных обстоятельствах. В зависимости от комбинации данных свойств целесообразно категорировать СМИБ по количеству набранных очков.

Предлагаемая модель и система классификации СМИБ могут быть использованы для оценки степени эффективности защитных мер, выбираемых для снижения информационных рисков организации. Данная оценка позволит внедрять СМИБ с заданной эффективностью с точки зрения достижения результата и затрат на ее разработку, внедрение и поддержание.

Список литературы

1. Международный стандарт ISO/IEC 27001:2005 «Information technology. Security techniques. Information security management systems. Requirements».

*Ю.А. Млюкова, студентка; рук. Д.Н. Анисимов, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

АНАЛИЗ ОЦЕНОК ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ПРИ НАЛИЧИИ ГАРМОНИЧЕСКОЙ ПОМЕХИ СО СЛУЧАЙНОЙ ФАЗОЙ

При исследовании и автоматизации многих промышленных объектов приходится сталкиваться с помехами синусоидального вида. В основном, это обусловлено влиянием электрической сети переменного тока. Амплитуда и частота сигнала помехи являются, как правило, постоянными величинами, а фаза является равномерно распределенной случайной величиной.

В докладе рассматриваются статистические характеристики оценок параметров динамического объекта для случая, когда к его выходу аддитивно приложена гармоническая помеха со случайной фазой $\eta(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi)$, где A – амплитуда сигнала, ω – его частота, φ – случайная фаза с плотностью распределения

$$f(\varphi) = \begin{cases} 1/2\pi & \text{при } -\pi \leq \varphi \leq \pi \\ 0 & \text{в остальных случаях} \end{cases}.$$

В [1, 2] было получено выражение для определения плотности распределения оценки погрешности постоянной времени объекта первого порядка с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{1}{1 + as}.$$

В данной работе приведены результаты исследований статистических характеристик оценок параметров объекта для объекта второго порядка с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{1}{a_2 s^2 + a_1 s + 1}.$$

Рассмотрены зависимости математических ожиданий и дисперсий оценок от амплитуды и частоты сигнала помехи.

Литература

1. **Анисимов Д.Н.** Оценка точности идентификации динамических объектов при наличии синусоидальной помехи // Известия ТулГУ. Серия «Вычислительная техника. Информационные технологии. Системы управления». Вып. 4. Информационные системы. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2005.– С. 16-21.
2. **Анисимов Д.Н., Хрипков А.В.** Законы распределения оценок параметров динамических объектов при идентификации методом экспоненциальной модуляции // Проблемы управления.– 2007.– № 4.– С. 14-18.

*А.А. Березина, студентка; рук. Д.Н. Анисимов, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ ПРИ ВВЕДЕНИИ НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ В ЗАКОН УПРАВЛЕНИЯ

Даная работа выполняется в рамках комплексных исследований динамики нечетких логических регуляторов (НЛР) и нечетких систем управления (НСУ). Основной областью применения НЛР являются системы управления сложными объектами, для которых отсутствует или является неприемлемо сложным математическое описание. Вместе с тем анализ литературных источников показывает, что НЛР находят применение и в относительно простых системах, заменяя собой традиционные П-, ПИ-, ПД-, ПИД-регуляторы. Очевидно, что улучшения качества системы при использовании НЛР можно добиться только за счет его нелинейных свойств. В [1] были установлены взаимосвязи между параметрами алгоритма нечеткого логического вывода и динамическими характеристиками нечеткого пропорционально-дифференцирующего регулятора (НПД). Эти взаимосвязи являются существенным подспорьем при разработке нечетких систем управления. В то же время влияние нелинейностей на динамику НСУ освещено в литературе крайне скупо. В частности, остается открытым вопрос, при каких условиях НЛР позволяет достичь лучших показателей качества по сравнению с линейными регуляторами.

В докладе представлены результаты моделирования динамических систем при введении различных нелинейностей в пропорционально-дифференцирующий закон управления. При этом нелинейности выбраны таким образом, чтобы они соответствовали наиболее характерным поверхностям управления НЛР при различных его настройках: уменьшение или увеличение коэффициента усиления вблизи начала координат, а также насыщение в пропорциональном и дифференцирующем каналах управления. Полученные результаты позволяют делать суждения об изменении показателей качества системы в зависимости от вида нелинейностей и их местоположения в ее структуре.

Литература

1. **Анисимов Д.Н., Дроздова Е.Д., Новиков В.Н.** Исследование свойств нечеткого аппроксимирующего ПД регулятора // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2014. – № 9. – С. 6-12.
2. **Анисимов Д.Н., Май Тхе Ань.** Динамические свойства нечетких систем управления, построенных на основе реляционных моделей // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2017. – Т. 18. – № 5. – С. 298-307.

*Д.О. Севидова, студентка; рук. Д.Н. Анисимов, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ ПРИ ВВЕДЕНИИ КВАДРАТИЧНОЙ ФУНКЦИИ В ЗАКОН УПРАВЛЕНИЯ

Для многих систем автоматического управления характерно изменение параметров объекта во времени, и в процессе функционирования первоначальные настройки регулятора перестают обеспечивать требуемые показатели качества системы. Это приводит к необходимости введения супервизорного контура, осуществляющего подстройку параметров регулятора при изменении условий функционирования системы. Так, в [1] был предложен вариант построения адаптивной системы, в которой как регулятор, так и супервизор реализованы на основе нечеткой логики. Такая структура позволила достаточно эффективно осуществлять управление нестационарным объектом. Однако при использовании этого варианта при построении системы стабилизации угла наклона двухколесной платформенной тележки [2] было отмечено, что наличие контура адаптации позволяет улучшить показатели качества управления даже стационарным объектом. Анализ структуры системы показал, что работа контура адаптации фактически сводится к введению квадратичных функций в каналы управления. Это свидетельствует о необходимости детального исследования динамики системы с подобной модификацией закона управления. В докладе рассматривается система управления объектом с передаточной функцией

$$W_o(s) = \frac{K_o}{s(1 + sT_o)}.$$

В качестве базового варианта регулятора используется ПД-регулятор с передаточной функцией

$$W_p(s) = K_p + K_d s = K_p(1 + sT_p).$$

В дальнейшем базовый вариант дополняется квадратичными функциями в пропорциональном и дифференцирующем каналах.

В докладе приведены результаты моделирования системы для различных комбинаций расположения квадратичных функций в каналах управления.

Литература

1. **Анисимов Д.Н., Май Тхе Ань.** Двухуровневая нечеткая система управления динамическими объектами // Вестник МЭИ.– 2017.– № 4.– С. 101-109.
2. **Anisimov D.N., The Anh Mai, Thai Son Dang, Van Nam Dinh.** Development of a microcontroller-based adaptive fuzzy controller for a two-wheeled self-balancing robot // *Microsystem Technologies.*– September 2018, Vol. 24, Issue 9.– Pp 3677–3687.

*В.А. Короленкова, аспирантка; рук. О.С. Колосов,
д.т.н., профессор (НИУ «МЭИ»)*

ОЦЕНКА ЧАСТОТНЫХ СВОЙСТВ СЕТЧАТКИ ГЛАЗА ДЛЯ РАЗНЫХ ВИДОВ ЭЛЕКТРОРЕТИНОГРАММ

Диагностика патологий сетчатки глаза на ранних стадиях заболевания, когда офтальмолог визуально еще не может поставить адекватный диагноз, является известной проблемой. Для ее решения ведутся работы по созданию экспертных систем с использованием современных интеллектуальных технологий. Объективными признаками, формирующими обучающие выборки для таких систем, являются отдельные цифровые показатели, извлекаемые из записей электроретинограмм (ЭРГ). Электроретинограмма это реакция сетчатки глаза в виде изменения биопотенциала в ответ на разные виды световой стимуляции глаза. Несмотря на большое число видов ЭРГ, извлекаемых из них признаков оказывается недостаточно из-за взаимных пересечений областей их значений для разных патологий. Это обстоятельство не позволяет достичь необходимых показателей разрабатываемых экспертных систем. В связи с этим задача поиска дополнительных информативных признаков, извлекаемых из ЭРГ, является весьма актуальной. Для этой цели ведутся работы по оценке частотных свойств сетчатки путем обработки ритмических ЭРГ [1] и паттерн ЭРГ [2].

В докладе рассматриваются приемы учета частотных спектров входных сигналов и технических особенностей регистрирующей аппаратуры при построении амплитудно-частотных характеристик сетчатки глаза. Кроме этого проводится анализ влияния дрейфа базовой линии отсчета для паттерн ЭРГ и предлагается методика учета этого явления при обработке паттерн ЭРГ. Результаты построения АЧХ сетчатки глаза для разных патологий и для разных видов стимуляции позволяют извлекать дополнительные информативные признаки патологий путем предлагаемой специальной аппроксимации получаемых АЧХ. Доклад подготовлен при финансовой поддержке РФФИ (проект 16-01-00054а).

Литература

1. **Колосов О.С.**, Короленкова В.А., Пронин А.Д. Построение амплитудно-частотных характеристик сетчатки глаза и формализация их параметров для использования в системах диагностики // Интеллектуальные системы, управление и мехатроника – 2017: Материалы Всероссийской научн.-техн. конф., Севастополь 18-20 сен-тября 2017 г. / МОН РФ, СевГУ [науч. ред. Барабанов А.Т.] – Севастополь: [Изд-во СевГУ], 2017 – С. 175-178.
2. **Федоренко А.В.** Обработка сигнала реакции сетчатки глаза при наблюдении «чередующегося шахматного поля» для целей диагностики. Сборник тезисов докладов XXIII Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика», М.: Издательский Дом МЭИ, 2017, Т.2. С.74.

*А.А. Кузнецова, аспирантка; рук. О.С. Колосов,
д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ НЕПРЕРЫВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫМ БЛОКОМ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ В ПИД-РЕГУЛЯТОРЕ

По разным оценкам [1] в современных системах промышленной автоматике использование ПИД-регуляторов на базе микропроцессорных контроллеров превышает 90%. При этом быстродействие этих контроллеров сейчас таково, что, на фоне инерционных свойств большинства объектов управления, они по своим свойствам не уступают аналоговой технике, работая фактически в реальном времени. Однако высокая частота дискретизации при взятии производной сигнала управления численными методами существенно расширяет полосу пропускания системы для высокочастотных помех. Для устранения этого нежелательного явления в канал дифференцирования ПИД-регулятора приходится вводить дополнительный дискретный фильтр низких частот [1]. Последовательное применение алгоритмов взятия производной и фильтра низких частот аналогичны пропусканию управляющего сигнала через реальное дифференцирующее звено в аналоговом исполнении ПИД-регулятора. С другой стороны, в [2] показывается, что реализация операции дифференцирования с увеличенным шагом дискретизации избавляет от необходимости постановки в канал дифференцирования фильтра низких частот и улучшает помехозащищенность системы. Однако в спектре сигнала управления в этом варианте сохраняются помехи с частотой дискретизации дифференциатора.

В докладе проводится сравнительный анализ динамических свойств непрерывных систем с ПИД-регулятором и систем, где в канале дифференцирования реализуются специализированный блок взятия производной на основе простейшего численного алгоритма с использованием фиксированной задержки и фактически работающий в непрерывном режиме. Показываются его положительные свойства при наличии ограничений в тракте усиления сигналов управления, находятся ограничения, накладываемые на выбор задержки и обеспечивающие требуемое качество и устойчивость системы. Производится сравнительный анализ фильтрующих свойств непрерывного и рассматриваемого специализированного блока дифференцирования.

Литература

1. Денисенко В.В. ПИД-регуляторы: вопросы реализации //Современные технологии автоматизации.– 2007.– № 4.– С.86-97; 2008.– № 1.– С. 86-98.
2. Колосов О.С., Кошоева Б.Б., Морозов Р.Б. Дополнительный настраиваемый параметр для ПИД-регулятора. (Дифференцирование с увеличенным шагом дискретизации).– М.: Изд-во «Palmarium Academic Publishing», 2016.

*О.И. Парфенова, студентка; рук. О.С. Колосов,
д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ КООРДИНАТ ИЗЛОМОВ АСИМПТОТИЧЕСКОЙ ЛАЧХ ПИД-РЕГУЛЯТОРА ПРИ ВАРИАЦИИ ЕГО ПАРАМЕТРОВ

Умению строить асимптотические логарифмические амплитудно-частотные характеристики (ЛАЧХ или диаграммы Боде) элементов и систем управления уделяется достаточное внимание при обучении студентов многих специальностей технических вузов [1]. Инструмент этот достаточно прост и эффективен. Однако именно построение асимптотических ЛАЧХ либо отсутствует в сервисе современных математических пакетов (Matlab), либо очень неудобно (Mathcad). Вместе с тем в инженерной практике остается популярным использование асимптотических ЛАЧХ для быстрых ориентировочных расчетов при поиске нужного решения или объяснения происходящих явлений в работающей системе [2]. Подобные случаи отнюдь не редки на испытаниях сложной техники, когда процесс построения адекватной модели и анализ ее работы не допускают чрезмерных дополнительных временных затрат на исследования.

В докладе рассматривается задача построения специализированного программного модуля для оперативной оценки координат изломов асимптотической ЛАЧХ ПИД-регулятора в процессе подбора параметров его настроек. Модуль предназначен для специалистов в области управления гидротурбинами. Модуль базируется на алгоритмах, изложенных в [2], и реализован в двух вариантах: как самостоятельная специализированная программа и как специализированный модуль в среде Matlab. В связи с тем, что существуют разночтения в физической интерпретации параметров ПИД-регулятора, используемых в гидроэнергетике и в традиционной промышленной автоматике, в модуле применены дополнительные формулы пересчета параметров под традиционные. Особенностью данного модуля является также то, что вместо интегрирующего звена в ПИД-регуляторе реализуется апериодическое звено с большой постоянной времени, чтобы не увеличивался порядок астатизма системы управления.

Литература

1. **Ягодкина Т.В.** Теория автоматического управления. Для бакалавриата и специалитета. / Т.В. Ягодкина, В.М. Беседин. – М.: Юрайт, 2018.
2. **Колосов О.С., Парфенова О.И.** Особенности асимптотических амплитудно-частотных характеристик систем большой размерности. // Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации: Сборник трудов XXVI Международной научно-технической конференции. 14 – 20 сентября 2017 г., Алушта. – М.: ИД «МЕДПРАКТИКА-М», 2017.– С. 85.

*В.А. Короленкова, аспирантка; рук. О.С. Колосов,
д.т.н., профессор (НИУ «МЭИ»)*

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ PATTERN ЭЛЕКТРОРЕТИНОГРАММ С ЦЕЛЬЮ РАСШИРЕНИЯ ПРИЗНАКОВОГО ПРОСТРАНСТВА СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ ПАТОЛОГИЙ СЕТЧАТКИ ГЛАЗА

Доклад посвящен анализу специфических особенностей PATTERN электроретинограмм (ПЭРГ), выявленных в процесс их обработки с целью получения их амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) и дальнейшей их аппроксимации подобно тому, как это производится в [1.2]. Показано, что ключевым моментом здесь является отыскание формы стимулирующего воздействия на сетчатку глаза при периодической смене цветов полей на экране. В докладе приводятся результаты исследований имитационной модели двух участков сетчатки, на которые подавались периодически прямоугольные импульсы длительностью 0.5 периода и со сдвигом друг относительно друга также на 0.5 периода. Разложению в ряд Фурье подвергались как сигналы отклика модели сетчатки, так и входное стимулирующее воздействие. Показывается, что входное стимулирующее воздействие может быть определено как короткий отрицательный импульс, вызванный тактовой задержкой при смене цвета наблюдаемых полей. Как правило, эта задержка составляет 1 – 2 микросекунды, что объясняет меньший на порядок уровень ПЭРГ сетчатки по сравнению с ритмическими ЭРГ. Увеличение чувствительности регистрирующего прибора в этом режиме неизбежно приводит к заметному дрейфу наблюдаемой базовой линии. Обработка реальных ПЭРГ по предложенной методике позволяет повысить точность разложения преобразованной ПЭРГ в ряд Фурье и получить дополнительные признаки, извлекаемые непосредственно из спектра ПЭРГ, так как амплитуды гармоник спектра в этом режиме пропорциональны АЧХ сетчатки. Доклад подготовлен при финансовой поддержке РФФИ (проект 19-01-00143а).

Литература

1. **Колосов О.С.**, Короленкова В.А., Пронин А.Д., Зуева М.В., Цапенко И.В. Построение амплитудно-частотных характеристик сетчатки глаза и формализация их параметров для использования в системах диагностики. // Мехатроника, автоматизация, управление.– 2018.– Т. 19.– №7. – С 451-457.
2. **Колосов О.С.**, Короленкова В.А. Методика обработки PATTERN электроретинограмм при оценке частотных характеристик сетчатки глаза для систем диагностики. // Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации: сб. тр. XXVII Междунар. науч.-техн. конф., 14 – 20 сентября 2018 г., Алушта.– Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018.– С. 78.

*А.А. Попов, студент; рук. С.А. Хризолитова, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ ИТЕРАЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ

В последние годы бурное развитие получили лазеры, которые нашли свое применение во многих отраслях. Для практического решения необходимо решить ряд технологических и научно-технических проблем, одной из которых является создание быстродействующих и высокоточных систем наведения. Без решения этой проблемы один из главных параметров лазеров, их чрезвычайно узкие диаграммы направленности, использовать на практике практически невозможно. Связанно это с тем, что требуются лазерные приборы с более массивными отклоняющими зеркалами. С ростом габаритов зеркал создание быстродействующих и высокоточных систем наведения становится серьёзной инженерной задачей. Несмотря на прогресс в развитии такого рода техники, целый ряд специфических вопросов, связанных с расчётом и исследований таких систем требуют освещения.

Целью работы является исследование динамики прецизионных электромеханических следящих систем, которое включает в себя, сравнение методов повышения качества управления, синтез системы в соответствии с выбранным методом и техническим заданием, анализ влияния нелинейностей на систему и их идентификация от точки включения в схеме точного контура.

Проведены тщательные модельные исследования влияния различных нелинейностей (нечувствительности, ограничения, нечувствительности с насыщением, люфта, упора и др.) и их комбинаций при заданной линейной части системы на логарифмические частотные характеристики при включении нелинейностей в различные точки разомкнутой системы.

На основе проведенных исследований разработаны алгоритмы идентификации как при наличии одного нелинейного элемента, так и при наличии соединения двух нелинейностей. В дальнейшем алгоритмы будут доведены до программной реализации в среде MATLAB, что позволит разработать методический материал по исследованию нелинейных прецизионных итерационных электромеханических следящих систем.

*Н.В. Муранов, студент; рук. М.М. Полотнов, доцент., к.т.н.
(НИУ «МЭИ», ФГУП МОКБ «Марс»)*

РАЗРАБОТКА КОНТУРА УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В КАНАЛЕ ВЫСОТЫ

Режим полета беспилотного летательного аппарата (БПЛА) характеризуется многими взаимосвязанными параметрами. БПЛА совершает полет в условиях при непрерывных возмущениях, нарушающих заданный режим полета. Для поддержания полета неизменным или для изменения его по определенному закону необходимо воздействовать на органы управления БПЛА, т.е. осуществлять управление полетом.

Управление полетом осуществляется через систему автоматического управления (САУ) БПЛА, которая включает в себя объект управления, рулевой привод, датчики состояний и аппаратуру управления. Для управления полетом необходимо автоматически управлять рядом параметров: линейными (высота, боковое отклонение от заданной траектории, пройденное расстояние) и угловыми (угол тангажа, крена, рыскания, атаки, скольжения) координатами, линейными и угловыми скоростями и ускорениями и т.д.

Для управления выбранной совокупностью параметров, определяющих режимы полета необходимо формирование независимых контуров. Отдельные контуры управления, относящиеся к параметрам частного вида движения (продольное, движение рыскания и т.д.) БПЛА, объединяются в каналы управления.

Для различных изделий общие структуры САУ, как правило, совпадают. Однако из-за различных аэродинамических характеристик БПЛА создание универсального контура управления невозможно. Так возникает задача разработки контура управления для определенного изделия [1].

Разработка контура управления подразумевает рассмотрение вопросов динамики БПЛА, т.е. изучение общих закономерностей полета, его особенностей, составление и исследование уравнений движения БПЛА, изучение вопросов устойчивости, качества переходных процессов и точности, обеспечиваемых системой управления.

В результате разработан контур управления для работы изделия в канале высоты, разработан алгоритм вычисления передаточных чисел в канале тангажа системы стабилизации и траекторного управления.

Литература

1. Лебедев А.А. Чернобровкин Л.С. Динамика полета беспилотных летательных аппаратов Учебное пособие для вузов Издание 2 -е, переработанное и дополненное. — М.: Машиностроение, 1973.

*М.А. Бабочкин, аспирант; рук. О.С. Колосов,
д.т.н., профессор (НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРОТОКОЛОВ ПРОВЕРКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Контрольно-проверочная аппаратура (КПА) применяется для проверки системы управления летательного аппарата (ЛА) [1]. В результате проверки формируется протокол, в котором отражены параметры согласно техническим условиям. В связи с накоплением большого числа протоколов возникла задача их обработки и последующей записи в базу данных, которая позволит работать данными протоколами с наименьшей затратой по времени.

В настоящий момент начата разработка программного обеспечения (ПО) с многооконным пользовательским интерфейсом в *Visual Studio* на C# для операционной системы *Windows* [2]. Связь ПО с базой данных будет осуществляться с помощью задания оператором SQL-запросов [3].

С помощью разработанного ПО оператору КПА предоставится возможность добавления новых записей в базу данных в виде текстовых файлов протокола, удаления записей из неё, редактирования существующих записей, поиск записи по введённому параметру, сортировки записей по заданному порядку.

Следующим шагом после записи всех протоколов на текущий момент времени будет осуществлён сбор статистической информации, которая сможет помочь осуществить техническую диагностику системы управления ЛА, путём создания системы позволяющей осуществить оценку технического состояния СУ, установить причину неисправностей и дать рекомендации по их устранению.

Литература

1. Государственный научно-исследовательский институт приборостроения: История создания и развития / Под ред. Б.Н. Гаврилина. М: Дашков и К, 2004.
2. **Троелсен Э.** C# и платформа .NET. Библиотека программиста. СПб.: Питер, 2002.
3. **Кузнецов М.В., Симдянов И.В.** Самоучитель MySQL 5. СПб.: БХВ-Петербург, 2006.

*П.С.Симоненков, асп.; рук. Г.Ф.Филаретов, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

РАЗЛАДКА МНОГОМЕРНОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА ПО ДИСПЕРСИЯМ ЕГО СОСТАВЛЯЮЩИХ

Рассматривается задача обнаружения спонтанного изменения характеристик ν -мерного временного ряда $\vec{x}(t)$, т.е. его разладки, в следующей постановке: отсчеты $\vec{x}(t)$, $\vec{x}(j)$; $t \neq j$ независимы, вектор $\vec{x}(t)$ подчиняется ν -мерному нормальному распределению с нулевым вектором математических ожиданий и некоррелированными компонентами.

Предполагается, что при разладке, происходящей в неизвестный момент времени t_0 , скачкообразно изменяются значения дисперсий от исходных значений $\sigma_{i0}^2 = \sigma_{0i}^2$, $i=1,2,\dots,\nu$ до значений $\sigma_{iX}^2 = \sigma_{1i}^2$, $i=1,2,\dots,\nu$, соответствующих номинальной (ожидаемой) разладке.

Для решения задачи предлагается использовать классический алгоритм кумулятивных сумм [1] с решающей функцией $g_n = \max(0, g_{n-1} + z_n)$ где $g_0 = 0$, $z_n = \ln(\omega_X^1(\vec{x}_n)/\omega_X^0(\vec{x}_n))$, $\omega_X^0(\vec{x}_n)$ и $\omega_X^1(\vec{x}_n)$ - функции плотности вероятностей до и после разладки соответственно. Для рассматриваемого случая $\omega_X^0(\vec{x}_n) = \prod_{i=1}^{\nu} (2\pi\sigma_{0i}^2)^{-\nu/2} * \exp(-x_{in}^2/\sigma_{0i}^2)$, $\omega_X^1(\vec{x}_n) = \prod_{i=1}^{\nu} (2\pi\sigma_{1i}^2)^{-\nu/2} * \exp(-x_{in}^2/\sigma_{1i}^2)$, и, следовательно, $z_n = (\sum_{i=1}^{\nu} (x_{in}^0)^2 * (1 - 1/d_i) - \ln d_i)$, $x_{in}^0 = (x_{in}/\sigma_{0i})$, $d_i = (\sigma_{1i}^2/\sigma_{0i}^2)$, d_i - показатель степени изменчивости дисперсии σ_{iX}^2 .

Для двумерного варианта с помощью имитационного эксперимента исследованы статистические свойства данного алгоритма. Получены необходимые для его синтеза зависимости решающего порога H от среднего интервала между ложными тревогами $T_{лт}$ для различных значений показателя d_i .

Проведено сопоставление двумерного варианта с двумя одномерными алгоритмами обнаружения разладки по дисперсии [2]. Установлено, что при прочих равных условиях двумерный алгоритм обладает меньшим средним временем запаздывания в обнаружении разладки по одной из переменных, что важно для многих практических применений.

Литература

1. Page E. S. Continuous inspection schemes. // Biometrika.- 1954.- Vol. 41.- No 1.- P. 100 - 115.
2. Филаретов Г.Ф. Диалоговая программная система «STATCON». Приборы и техника эксперимента.- 1998.- №5.- С. 16-21.

*Д.В. Исаев, студент; рук. М.Ю. Косинский, ст. преп., к.т.н.
(НИУ «МЭИ», ФГУП МОКБ «Марс»)*

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОГРАММНОГО РАЗВОРОТА В УСЛОВИЯХ ПЕРЕМЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ

Для выполнения целевых задач космическому аппарату (КА) необходимо совершать переориентации из начального положения в заданное за кратчайшее время. Под переориентацией понимают перевод связанных с корпусом КА осей OXYZ их одного известного углового положения в другое за конечное время T по заданной совокупности параметров, определяющих разворот.

Реализация указанной операции на осуществляется несколькими подсистемами бортового комплекса управления КА. В частности, расчёт программы переориентации осуществляет система программного управления (СПУ), а её отработку - система стабилизации и ориентации (ССО). СПУ для отработки разворота рассчитывает кватернион программной ориентации и вектор программной угловой скорости, которые являются входной информацией для ССО.

ССО является одной из важнейших систем космического аппарата, функционирующей постоянно при штатной эксплуатации КА. Данная система не только обрабатывает требуемые управляющие воздействия, но и компенсирует влияние возмущающих моментов, которые могут иметь самое разнообразное происхождение, величину и продолжительность действия [1].

Более сложным вариантом задач переориентации КА представляется задача разворота для КА, находящегося в режиме переменной ориентации [2].

В работе исследуются алгоритмы расчёта программного разворота, а также решаются задачи учёта переменной ориентации при формировании программы разворота. Приводятся оценки для нахождения времени разворота и успокоения в зависимости от конкретных условий – начального и конечного положений КА, его инерционных характеристик, параметров исполнительных органов.

Литература

1. Бортовые системы управления космическими аппаратами: Учебное пособие / Бровкин А.Г., Бурдыгов Б.Г., Гордийко С.В. и др. 2010г
2. Управление космическими летальными аппаратами / Алексеев К.Б., Бебенин Г.Г. 1974г.

А.В. Сведе-Швец, студ., Н.А. Виноградова, доц., доц. (НИУ «МЭИ»)
**РАЗРАБОТКА МАКЕТА СОЛНЕЧНОГО ДАТЧИКА
НА ФОТОДИОДАХ**

Направление на Солнце как основное используется в системах ориентации космической техники с самого начала ее существования. Задача прибора - определение направления на Солнце в системе координат, связанной с посадочной плоскостью прибора, в заданном угле поля зрения и с заданной точностью [1]. С развитием звездных датчиков ориентации роль солнечных датчиков перестала быть столь важной на этапе полета. Их стали использовать для построения начальной ориентации сразу после выведения космического аппарата (КА) на орбиту, при переводе КА в дежурный режим, а также при возникновении на борту нештатных ситуаций. Поскольку солнечным датчикам ориентации в современной космической технике отводится вспомогательная роль, к ним, как правило, не предъявляются высокие требования по точности измерений. Для наведения на Солнце солнечных панелей достаточной считается точность измерений порядка долей градуса.

Анализ рассмотренной научно-технической информации позволяет выделить следующие основные тенденции развития оптических солнечных датчиков:

- переход на отечественную элементную базу;
- работа в максимально большом поле зрения;
- работа при больших угловых скоростях космического аппарата;
- повышение точности;
- повышение помехозащищенности

при сохранении массогабаритных характеристик и энергопотребления.

Разработка датчиков солнечной ориентации на основе группы точечных фотодиодов позволит реализовать широкий обзор и получить низкую угловую погрешность измерений по всему полю зрения. Такой прибор может иметь маленькую массу, энергопотребление и объем. При этом он надежен, относительно прост в математическом описании и возможна его реализация исключительно на отечественной элементной базе.

Литература

1. **Глазков В.Д., Котцов В.А.** Фасеточные датчики солнечной ориентации // Современные проблемы определения ориентации и навигации космических аппаратов: Всерос. Научно-тех. конф. М.: ИКИ РАН, 2008.

Секция 18

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Руководитель секции: Желбаков Игорь Николаевич

Секретарь секции: Лупачев Алексей Алексеевич

Ю.С. Бойкова, студ.; рук. А.Н.Серов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

Исследование метода измерения частоты «по производной входного сигнала»

Измерение частоты – одна из наиболее популярных задач, которая решается в измерительной технике. Частота – основной параметр сигналов электросетей относится к показателю качества электроэнергии. Знание частоты позволяет с более высокой точностью измерять другие параметры электрических сигналов как СКЗ, активная мощность, спектр и др. [1]-[2].

В настоящее время существует большое количество цифровых методов измерения частоты, которые можно условно разделить на две категории: анализ сигнала во временной области; анализ сигнала в частотной области.

Методы второй категории сложны в реализации и анализе. В большинстве задач находит применение методы первой категории. В настоящее время находит применение метод, основанный на определении производной входного сигнала. Суть данного метода изложена в статье [1], однако не рассмотрены вопросы, связанные с расчетом инструментальной погрешностью. Согласно методу, значение частоты может быть получено:

$$f[n] = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{-s''[n]}{s[n]}}, \quad s''[n] = \frac{-2s[n] + s[n+1] + s[n-1]}{T_s^2},$$

где $s[n]$, $s[n+1]$, $s[n-1]$ – отсчеты сигнала; T_s – шаг дискретизации.

Для расчета влияния инструментальной погрешности мы можем воспользоваться законом накопления частных погрешностей, однако применения данного подхода приводит к существенному завышению оценки погрешности. Предлагаемый подход учитывает взаимную компенсацию аддитивной и мультипликативной составляющих погрешности отсчетов входного сигнала. Таким образом, только погрешности линейности и квантования будут оказывать влияние на измерение частоты. Результаты расчетов показывают, что предлагаемая методика позволит снизить оценку погрешности по крайней мере в три раза.

С помощью программного пакета Simulink построена модель, позволяющая оценить инструментальную и методическую погрешность рассматриваемого метода измерения частоты.

Список литературы

1. **А.М. Zayezdny, Y. Adler, I. Druckmann.** Short Time Measurement of Frequency and Amplitude in the Presence of Noise // IEEE Transactions On Instrumentation And Measurement, June 1992, No. 3, Vol.41, pp. 397 – 402.
2. **Михалин С.Н., Геворкян В.М.** Проблемы цифровой обработки сигналов в системе автоматизированного контроля качества и учета количества электроэнергии (АСКУЭ) // Вестник МЭИ, 2005, №1, с. 86-92.

Е.С. Фомичева, студент; рук. А.Н. Серов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

Исследование метода измерения частоты «по относительным приращениям входного сигнала»

Частота – один из основных параметров электрической сети, является одним из показателей качества электроэнергии. Частота косвенно связана с другими параметрами электрических сигналов, такими, как параметры мощности, спектра и среднеквадратического значения [1] – [2]. Таким образом измерение частоты позволяет повысить точность измерения указанных параметров.

Среди известных методов измерения частоты более просты в реализации методы, основанные на анализе сигнала во временной области. К данной категории относится метод, основанный на относительных приращениях входного сигнала. Суть метода изложена в публикации [1]. Значение частоты, исходя из [1], может быть получено с помощью формулы:

$$f[n] = \frac{\cos^{-1}(c[n])}{2\pi T_s}, \quad \text{где } c = \frac{v[n-1] + v[n+1]}{2v[n]},$$

где $v[n]$, $v[n-1]$, $v[n+1]$ – отсчёты сигнала, T_s – период дискретизации. Входной сигнал должен быть синусоидальным.

Для того, чтобы определить влияние инструментальной составляющей погрешности отсчётов сигнала на измеренное значение частоты, воспользуемся общим метрологическим подходом – законом накопления частных погрешностей. Данный метод имеет существенный недостаток: значительное завышение конечной оценки погрешности измерения частоты относительно результатов моделирования. Поэтому предлагается альтернативный подход, учитывающий взаимное расположение отсчётов $v[n]$, $v[n-1]$, $v[n+1]$. Показано, что погрешность измерения частоты сводится к учёту погрешности линейности измерительного канала.

С помощью программного пакета Simulink была построена модель рассматриваемого метода, с помощью которой можно оценить инструментальную и методическую составляющие погрешности. Также была получена аналитическая формула для расчёта инструментальной погрешности.

Литература

1. **López A., Montaño J., Castilla M., Gutiérrez J., Borrás M. D., Bravo J. C.** “Power System Frequency Measurement Under Nonstationary Situations,” – IEEE Transactions On Power Delivery – April 2008 – Vol.23. – No.2 – pp 562-567.
2. **Михалин С.Н., Геворкян В.М.** Проблемы цифровой обработки сигналов в системе автоматизированного контроля качества и учета количества электроэнергии (АСКУЭ) // Вестник МЭИ. – 2005. – №1. – С. 86-92.

*Ле Тхи Минь Зунг, студентка; Нэй Мью Чжо, аспирант;
рук. А.А. Луначев, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРВАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭФФЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ С ГАРАНТИРОВАННОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТЬЮ

Для моделей переходных процессов (ПП) в измерительной цепи (ИЦ) современных средств измерения (СИ), выраженных аperiodическим звеном, существует ряд критериев определения момента наступления установившегося значения. Эти стандартизированные критерии, отнесённые к критериям интервального вида (КИВ), позволяют автоматически, в режиме on-line, отделить динамический режим в ИЦ от статического [1]. Однако применение КИВ имеет ограничение на критическое значение параметра модели.

В качестве эффективных СИ с КИВ можно привести следующие современные цифровые средства измерения температуры:

- медицинские термометры с экстраполяцией измеряемой величины, например, модели «DT-625» фирмы «Эй энд Ди», Япония;
- промышленные термометры с функцией определения установившегося значения, например, модели «testo105» фирмы «TestoAG», ФРГ.

Общими чертами этих СИ, использующими КИВ, является то, что на их вход подаётся ступенчатый сигнал в виде перепада от температуры окружающей среды к температуре исследуемого объекта. Первичный измерительный преобразователь обладает значительной инерционностью. Этот класс СИ включает измерители концентрации горючих газов (ИКГГ) посредством термокаталитических сенсоров [2].

Анализу подобных СИ посвящен доклад, в котором представлены результаты моделирования ИКГГ работающих в динамическом режиме. Определено, что традиционный выбор двух точек переходного процесса не обеспечивает минимальной динамической погрешности измерения концентрации горючих газов в кислородосодержащей среде.

Литература

1. **Lupachev A.A., Bekhtin Yu.S., Makarychev P.K., Yakushenkova Yl.Ye., Fursov P.A., Nay Mew Jo.** Comparative analysis of interval criteria for the ending of the transient process in the measuring circuit. // *27th International National Scientific Symposium "METROLOGY and METROLOGY ASSURANCE 2017", September 8-12, 2017. Sozopol, Bulgaria.* - P.133-138.
2. **Савельев В.А., Комиссаров А.В.** Способ определения концентрации горючих газов в кислородосодержащей среде. Патент РФ № 2156972. G 01N 27/16. Бюл. № 27, 2000.

Е.А. Еличева, студ.; рук. А.А. Лупачев, к.т.н., доцент (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ИНТЕРВАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ ОКОНЧАНИЯ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЦЕПИ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА

В действующих отечественных и зарубежных стандартах по динамическим испытаниям объектов рекомендуется критерий интервального вида (КИВ) окончания переходного процесса (ПП). Этот критерий определен для измерительной цепи (ИЦ) в виде модели динамического звена первого порядка, хотя реальная измерительная цепь описывается звеньями более высокого порядка. Актуальной задачей является определение окончания ПП в режиме on-line и в этом случае.

Анализ использования КИВ для ИЦ в виде двух последовательно соединённых аperiodических звеньев проведён в работе [1]. Было установлено, что с ростом отношения постоянных времени аperiodического звена второго порядка критическое значение для интервального критерия в такой ИЦ стремиться к критическому значению для ИЦ первого порядка. Для завершения подобных исследований целесообразно провести анализ работоспособности КИВ для ИЦ третьего порядка, которая широко используется при моделировании измерительных каналов [2].

В рамках этого исследования ИЦ используется модель с переходной характеристикой, представленной в терминах диаграммы Вышнеградского с параметрами A и B . На первом этапе анализу подвергнута аperiodическая область.

Найдена зависимость критического значения постоянной времени при изменении параметров $A = B$ для значений на интервале $(3,05...20)$, лежащих на биссектрисе аperiodической области. Оказалось, что с ростом параметров A и B звена третьего порядка искомое значение также стремиться к критическому значению для ИЦ первого порядка.

Литература:

1. Ю.С. Бехтин, А.А. Лупачев, В.А. Логинов, Е.А. Еличева, А.Р. Пецинярж Интервальный критерий окончания переходного процесса в измерительной цепи при испытаниях 7-я Международная научно-техническая конференция «СУДОМЕТРИКА – 2018 » 15-17 октября 2018 г. Санкт-Петербург – С. 44 - 47.

2. Грановский В.А. Динамические измерения: основы метрологического обеспечения. - Л.: Энергоатомиздат. 1984. - 224 с

*Ф.А. Поляков, студент, рук. Г.В. Антипов, к.т.н., доц.
(НИУ МЭИ, Москва)*

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КАНАЛ С БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИМ АЦП

Быстродействующие АЦП широко применяются для построения измерительных каналов в высокочастотной аппаратуре, современной радиотехнике и средствах связи. В соответствии с классификацией к быстродействующим АЦП относятся устройства с частотой преобразования более 10 МГц [1]. Быстродействующие АЦП строятся по принципу последовательного приближения, параллельного преобразования или с использованием конвейерной структуры.

Измерительный канал, помимо быстродействующего АЦП, должен содержать входной драйвер, аналоговый фильтр и интерфейс связи с микроконтроллером или цифровым сигнальным процессором (ЦСП). Важной частью устройства является источник тактовых сигналов АЦП, характеристики которого влияют на общую погрешность преобразования. От правильного выбора компонентов и алгоритма взаимодействия АЦП с ЦСП зависят динамические характеристики, быстродействие измерительного канала в целом и мощность потребляемая от источника питания.

В докладе рассматривается структура измерительного канала на основе АЦП конвейерного типа и ЦСП. Сформулированы требования к динамическим характеристикам АЦП в зависимости от частотных свойств входного сигнала. Оценено влияние нестабильности частоты тактового генератора на отношение сигнал/шум измерительного канала.

Проведены экспериментальные исследования динамических характеристик измерительного канала построенного на основе 10-ти разрядного конвейерного АЦП типа AD9608-40 (Analog Devices) с использованием программируемого генератора тактовых сигналов Si514 (Silabs) и ЦСП ADSP-BF592. Для указанного типа АЦП приведены результаты моделирования взаимодействия фильтра нижних частот с входным устройством АЦП.

По результатам работы сделан вывод о предельных характеристиках измерительного канала на основе быстродействующего АЦП по точности, быстродействию и потреблению.

Литература

1. **Walt Kester**. Analog-digital conversion. Analog Devices Inc., 2004.

Е. С. Саблин, студент; рук. А.Н. Серов, к.т.н., доцент (НИУ «МЭИ»)

Имитационное моделирование улучшенного метода приближения Тейлора измерения частоты

В данной работе было проведено моделирование улучшенного метода Тейлора измерения частоты с целью выявления влияния инструментальной составляющей погрешности определения отсчетов сигнала на значение измеряемой частоты. Быстрое и точное измерение частоты – наиболее важный параметр электрических сигналов технике – требуется для многих задач, таких как [1]-[3]. Существует много методов измерения данного параметра, один из распространённых – нахождение переходов через ноль выборок сигнала. Главный недостаток данного метода заключается в большом времени измерения.

Рассмотренный метод измерения основан на применении разложения в ряд Тейлора функции $\arcsin(x)$, что хорошо подходит для цифровой реализации. Применение данного метода обеспечивает точные и быстрые результаты измерения в широком диапазоне частот. Значение частоты может быть получена как [1]:

$$x = \sin(2\pi f k T) = \frac{1}{v} \sqrt{|v_{k-1}^2 - v_k v_{k-2}|} \quad f = \frac{1}{2\pi T} \arcsin(x),$$

где v_k – отсчеты сигнала; значение функции $\arcsin(x)$ находится путем ее разложения в ряд Тейлора [1].

Для нахождения результирующей погрешности измерения обычно используют закон накопления частных погрешностей, который приводит к сильному завышению оценки суммарной погрешности. Применяемый нами подход учитывает частичную взаимную компенсацию погрешности отсчетов. Это позволяет уменьшить результирующую погрешность. Выполнение имитационного моделирования, проведенное в среде графического моделирования Simulink, позволило оценить методическую погрешность данного метода и снижение результата оценки инструментальной составляющей погрешности по крайней мере в два раза.

Литература

1. **Salcić Z., Nguang S. Kiong, Wu Y.** An Improved Taylor Method for Frequency Measurement in Power Systems // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement – 2009. – Vol. 58. – No 9. – P. 3288-3294.
2. **Михалин С.Н., Геворкян В.М.** Проблемы цифровой обработки сигналов в системе автоматизированного контроля качества и учета количества электроэнергии (АСКУЭ) // Вестник МЭИ. – 2005. – № 1. – С. 86-92.
3. **Boashash B.** Estimating and interpreting the instantaneous frequency of a signal. II. Algorithms and applications // Proceedings of the IEEE – 1992. – Vol. 80. – No. 4. – P. 540-568.

*А.В.Коваленко, студент; рук. А.А. Луначев, к.т.н., доц.
(НИУ МЭИ, Москва)*

АНАЛИЗ ИНТЕРВАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ ПРИ СИГНАЛЬНОЙ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЦЕПИ

Задача определения момента наступления установившегося значения (ОМУЗ) переходного процесса (ПП) в объекте измерения и/или измерительной цепи (ИЦ) средства измерения в режиме on-line является актуальной задачей для многих технологий [1].

В известных критериях ОМУЗ ПП, отнесённых к критериям интервального вида (КИВ), используется в качестве допускаемой динамической погрешности первого рода, как абсолютная форма её задания, так и относительная [2]. При этом различные подходы в нормировании допускаемого уровня приводят к различным результатам применения критериев, так как при анализе текущего ПП используется либо абсолютное, либо относительное пороговое значение приращения физической величины на интервале наблюдения (ИН).

КИВ продолжают исследовать в современных научных публикациях. Примером может служить анализ КИВ, выполненный J.W. Welch в работе, в которой проведены исследования семи критериев температурной стабилизации для тестирования объектов на температурный баланс [3].

Существенные погрешности в определении момента наступления установившегося режима ведут к значительным погрешностям параметров модели объекта или к излишним энергетическим затратам. Строгий подход к определению критериев температурной стабилизации найден в исследованиях E. Colizzi путём расчёта эффективного значения ИН.

Проведён анализ интервальных критериев различной формы исполнения при сигнальной неопределённости в измерительной цепи. Анализ результатов численного моделирования применения КИВ показали равносильность критериев только при максимальной асимптоте сигнала.

Литература

1. Bekhtin Yu.S., Lupachev A.A., Serov A.N., Kovalenko A.V. Analysis of interval criteria for determining the end of the transient process in the measuring circuit. // Proceedings of the 7th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO). 10-14 June, 2018, Budva, Montenegro. Copyright 2018 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers.
2. Bekhtin Yu.S., Lupachev A.A., Makarychev P.K., Yakushenkova Yl.Ye., Fursov P.A., Nay Mew Jo. Comparative analysis of interval criteria end of the transient process in the measuring circuit. // Proceedings of the 27th International Scientific Symposium «Metrology and Metrology Assurance 2017», Sozopol, 2017, Pp. 133-138.
3. J.W. Welch. Assessment of Thermal Balance Test Criteria Requirements on Test Objectives and Thermal Design. // 46th International Conference on Environmental Systems, 0-14 July, 2016. Vienna, Austria. - 13 p.

С.В. Ким, студент; рук. С.И. Герасимов, асс. (НИУ «МЭИ»)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКОГО ТРАКТА ПЛАВУЧЕГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО УРОВНЕМЕРА ВОДНОГО ОБЪЕКТА В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK

Ультразвуковые уровнемеры (УУ) [1] предназначены для измерения уровня жидких (Ж) веществ в резервуарах и различных водоемах.

Принцип действия УУ [1] следующий: в исследуемую среду излучаются ультразвуковые (УЗ) или акустические колебания (К) с частотой УЗ. Эти импульсы излучаются пьезоэлектрическим преобразователем (ПЭП), попеременно выполняющим функции излучателя и приемника импульсов соотв. Упругие К, распространяющиеся в Ж, отражаются от границы двух сред: Ж и твердой поверхности (дна водного объекта). Интервал времени от момента излучения до момента получения отраженного импульса является критерием расстояния между границами двух сред. Уровень водного объекта рассчитывается путем произведения времени прохождения К на скорость распространения К в измеряемой среде [1]. Таким образом, рассматриваемый УУ по своему принципу схож с эхолотом.

Ключевыми и наиболее сложными элементами схемы замещения электроакустического тракта уровнемера являются пьезоэлементы (ПЭ). Так предлагается выбрать одну из известных схем замещения ПЭ, например схему Редвуда [2], которая удобна тем, что реализуется с помощью электрических элементов (в отличие от других схем). Следует учесть, что в реальных условиях при отражении сигнала (С) от дна водного объекта будут наблюдаться явные искажения принимаемого С в связи с наложением шума на полезный С. Поэтому необходима фильтрация С, а в качестве фильтра предлагается использовать цифровой фильтр Баттерворта [3].

Для оценки времени распространения С был выбран достаточно точный и простой метод — метод перехода сигнала через нуль [4].

В данной работе было проведено имитационное моделирование электроакустического тракта УУ и расчет глубины водного объекта в среде Matlab Simulink с учетом шумовых составляющих сигнала.

Литература

1. **Бутусов И.В.** Автоматические контрольно-измерительные и регулирующие приборы. Издательство: Л.: Гостоптехиздат; Издание 3-е, 1963 г. — 624 с.
2. **Домаркас В.И., Кажис Р.-И. Ю.** Контрольно-измерительные пьезоэлектрические преобразователи. Издательство «МИНТИС», 1974 г. — 258 с.
3. **Оппенгейм А. В.** Цифровая обработка сигналов: М.: Связь, 1979 г. — 416 с.
4. **Svitlov S., Rothleitner C., Wang L.J.** «Accuracy assessment of the two-sample zero-crossing detection in a sinusoidal signal» // Metrologia. 2012. 49 p.

*М.М. Панов, асп.; С.И. Герасимов, асс.; рук. В.Д. Глушнев, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)»*

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКОГО ТРАКТА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ РАСХОДОМЕРОВ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА

Принцип действия ультразвуковых расходомеров (УЗР) [1] основан на измерении разности времен распространения ультразвуковых сигналов (УЗС) в движущемся потоке жидкости (Ж) [1]. При неподвижной Ж, в силу теоремы взаимности, времена распространения УЗС (в акустическом тракте УЗР) по потоку Ж и против потока будут в точности одинаковы. В реальных УЗР измеряемая разность времен распространения отлична от нуля, она вызвана, т.н. «асимметрией» электроакустического тракта (ЭАТР) УЗР. Наличие асимметрии ЭАТР приводит к смещению нуля УЗР, а его дрейф во времени – к погрешности измерения расхода. Причиной асимметрии является нарушение идентичности условий генерации и приема УЗС пьезоэлектрическими преобразователями (ПЭП). Для ПЭП также справедлив принцип взаимности [2]. Однако он нарушается при коммутации направления УЗС, распространяющихся в общем ЭАТР: наличие ключей приводит к отличию сквозных передаточных функций (СПФ) ЭАТР и к разной задержке сигналов в приемно-излучающих цепях (ПИЦ) УЗР [2].

В силу конструктивных особенностей, ПФ ПЭП1 и ПЭП2, являющиеся сложными колебательными системами, обычно имеют существенные различия по частоте собственных колебаний и могут достигать 20 %. Поэтому для устранения асимметрии ЭАТР (обеспечения равенства СПФ), необходимо для каждого ПЭП обеспечить равенство ПФ на прием и излучение.

Проведенные исследования частотных и импульсных характеристик ПЭП показали, что для обеспечения требуемой точности УЗР асимметрия ЭАТР не должна превосходить (0,05-0,1) % периода свободных колебаний ПЭП. При этом, к ПИЦ УЗР и его ПЭП предъявляются особые требования по согласованию сопротивлений (С): выходного С формирователя импульсов, входного С приемника УЗС с волновым С кабелей, соединяющий ПЭП с электронным блоком УЗР. Кроме того, существенное влияние на асимметрию оказывает форма электрических УЗС, подаваемых на ПЭП.

Литература

1. Глушнев В.Д., Панов М.М. Тенденции совершенствования современных ультразвуковых расходомеров // Вестник МЭИ. 2018. № 3. с. 94-100.
2. Глушнев В.Д. Разработка средств ультразвукового бесконтактного контроля расхода жидкости в трубопроводах большого диаметра [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Глушнев Владимир Дмитриевич. — М., 1985.

М.П. Степенева, студент; рук. С.И. Герасимов, асс. (НИУ «МЭИ»)

ПОРТАТИВНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА С ВЫНОСНЫМ ДАТЧИКОМ

Задача измерения (И) температуры (Т) [1] получила широкое распространение и является одной из наиболее актуальных задач в различных областях применения [1, 2]. Это измерение и контроль Т окружающей среды; мониторинг Т различных жидкостей и газов, твердых объектов в производственных процессах [2] и др. Помимо этого, особое внимание уделяется контролю Т биологических объектов (ОБ) — животных и людей [3].

В рамках доклада предлагается ограничиться рассмотрением вопроса контактного ИТ тела человека [3] с высокой точностью (абсолютная погрешность ИТ не должна превышать $\pm 0,2$ °С в рабочем диапазоне Т — соотв. диапазону ИТ медицинских термометров (ТР): от +34,3 до +42 °С). С этой целью было разработано устройство (У), включающего в себя электронный блок (ЭБ) ТР и отдельный датчик-«шуп» (Д), выполненный в компактном исполнении и расположенный на некотором удалении от ЭБ.

Таким образом, в ходе решения поставленной задачи были освещены следующие вопросы — выбор типа используемого термочувствительного элемента (ТЧЭ) [3] как части всего Д, по сути, первичного преобразователя, осуществляющего преобразование Т в электрическую величину, удобную для дальнейшей регистрации и обработки посредством АЦП. Кроме того, сформулированы требования к конструктиву корпуса Д, его габаритным размерам. При этом, сам ТЧЭ, по факту, оказывается помещенным во внешнюю защитную оболочку – корпус Д. Отсюда вытекает проблема обеспечения хорошей теплопроводности между корпусом Д, и ТЧЭ для уменьшения инерционности Д и динамической погрешности ИТ.

Вследствие указанного, непосредственно ТЧЭ после начала процесса И не сразу принимает Т ОБ. Для выхода в установившийся режим ему требуется некоторое время, которое на практике оказывается довольно значительным (5-10 мин. по аналогии с ртутными ТР). Поэтому, с целью повышения быстродействия ИТ имеет смысл применять алгоритмы прогнозирования и оценки значений конечной Т [3] на начальном этапе процесса И.

Литература

1. Крамарухин Ю.Е. Приборы для измерения температуры. – М.: Машиностроение, 1990. 208 с., ил.
2. Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С. Теплотехнические измерения и приборы: уч. пособ. – 2-е изд., пераб. и доп. – М.: Изд-во МЭИ, 2005. – 460 с, ил.
3. Мельников А.А., Мельников А.А. (мл.), Мельникова А.А. Измерение температуры биологических объектов – М.: Изд-во «Спутник+», 2010. – 303 с.

Секция 19

ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА

Руководитель секции: Крепков Игорь Михайлович

Секретарь секции: Емельянова Наталия Захаровна

*К. А. Иванов, студ.; рук. Е. Е. Карпович, к.э.н., доц.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

ITSM. УПРАВЛЕНИЕ ИТ АКТИВАМИ И УСЛУГАМИ

Решение задач, стоящих современными предприятиями, в частности государственного сектора, связано с использованием и анализом больших объемов информации, которая представлена в основном на бумажных носителях-документах.

С ростом внедрения электронных сервисов и услуг в электронный вид, на безальтернативной основе, остро встает вопрос качества формирования ИТ среды, в которых данные системы поддерживаются и функционируют. Отсутствие средств мониторинга работоспособности инфраструктуры, ориентация только на текущую работу без четко выстроенной службы эксплуатации и, главное, отсутствие хорошо организованных процессов управления предоставлением сервисов – все это приводило к тому, что проблемные ситуации разрешались с трудом и не оперативно, качество сервисов страдало, а недовольство пользователей росло.

Отражением роли и места ИТ-службы в структуре предприятий является концепция и модель управления качеством информационных услуг (ITSM). Бизнес-процессы сегодня неразделимы с программными приложениями, техническими ресурсами и деятельностью персонала ИТ-служб, поэтому качество работы последних становится важнейшим фактором, определяющим эффективность деятельности предприятия в целом.

ITSM представляет на выбор процессы, обеспечивающих поддержку и предоставление ИТ сервисов: управления инцидентами; управления проблемами; управления конфигурациями; управления изменениями; управления релизами; управления уровнем услуг; управления мощностями (емкостью); управления доступностью; управления непрерывностью; управления финансами

Анализ проблем позволяет выстроить работу ИТ отдела в соответствие с концепциями ITSM, выбрав и применив наиболее удачные инструменты. Существует большое количество инструментальных средств, реализующих модели процессов ITSM, разработанных компаниями-консультантами и производителями программного обеспечения управления инфраструктурой ИТ.

Литература

1. **Международный стандарт** ГОСТ Р ИСО/МЭК 20000-1-2013.



Рис. 1. Применение методологии ГОСТ Р ИСО/МЭК 20000-1-2013

*В.В. Фирсов, студ.; рук. О.И. Артюхов, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОРПОРАТИВНОГО БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА ДОКУМЕНТОВ

Разработка информационных систем охватывает все больше сфер деятельности человека. В настоящее время в любой компании есть та или иная информационная система, которая не только упрощает работу, но и является важнейшим инструментом в работе самой компании или учреждения.

Целью ВКР является разработка информационно-справочной системы корпоративного библиотечного фонда документов в которой пользователи смогут комфортно искать те или иные книги, журналы в электронном каталоге, а также просматривать их в электронном виде, узнавать информацию о новых поступлениях.

Данная система разрабатывается для библиотеки № 166 им. 1-го Мая, которая имеет современную инфраструктуру, но при этом нет современной информационной системы.

В качестве программных продуктов для разработки было выбрано:

- 1) Oracle SQL Developer Data Modeler позволяет разработать базу данных, протестировать ее и составить SQL – запросы;
- 2) Oracle Application Express позволяет разработать интерфейс для информационной системы, возможность миграции базы данных и таблиц, удобный графический помощник создания SQL – запросов. Это облегчает процесс разработки.

В ходе разработки системы были обоснованы и спроектированы её логическая и физическая структура, функциональный состав, разработан удобный интерфейс для пользователей и администратора системы, обеспечена возможность для администратора редактировать информацию и изменять системные настройки, осуществлена программная реализация, отладка и тестирование всей системы.

В данный момент приложение находится на стадии внедрения и мелких доработок интерфейса, для обеспечения комфортной работы с пользователями.

Литература

1. **Шигина Н. А.** Учебник по Oracle Application Express [Электронный ресурс]/ URL: https://shiginana.blogspot.ru/2013/02/blog-post_17.html.
2. **Пржиялковский В. В.** Введение в Oracle SQL. – М.: Интуит, 2016. – 358 с.

*Н.И. Шевцов, студ.; рук. Н.З. Емельянова, к.э.н., доц.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ СПОРНЫХ ПОСТАНОВЛЕНИЙ ОРГАНОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ ШТРАФОВ ГИБДД

В ходе анализа деятельности ГИБДД при обжаловании постановления была выявлена проблема в процессе оспаривания постановления через суд. Правонарушитель имеет право в течение десяти суток со дня получения постановления обжаловать его в ГИБДД. По прошествии этого времени нарушитель может обжаловать постановление только в суде. Время добровольной оплаты штрафа составляет не более шестидесяти дней со дня вступления постановления в силу. Если за этот период не оплатить штраф, то такой штраф оплачивается в двойном размере - уклонение от исполнения административного наказания (ст. 20.25) согласно Кодексу Российской Федерации об административных правонарушениях. [1]. Если в суде принято решение в пользу заявителя, то ГИБДД обязан возместить все денежные издержки, в том числе и по ч.1.ст.20.25. [2]. Это приводит к финансовым трудностям и временным задержкам.

Для исключения подобных издержек, была модернизирована система обработки поступающей корреспонденции в ГИБДД в части учета информации, поступающей из судов. Данная система является модульной. Основные модули - модуль приема и обработки обращений (ПОО), модуль административной практики (АП). После регистрации в модуле ПОО документа, поступившего из суда с информацией об обжаловании постановления, регистратор заполняет карточку и нажимает кнопку "**ПРИОСТАНОВИТЬ**". Система проверяет наличие указанных номеров постановлений в модуле АП, и для всех указанных постановлений приста навливает административное делопроизводство. После происходит изменение статуса дела, информация не направляется в службу федеральных приставов на принудительное взыскание. Данный проект был реализован средствами Web технологий, удовлетворяющими требованиями стандарта ISO/IEC15445:2000 и поддерживающих спецификации: HTTP 1.1;HTML 4.0;XHTML 1.0; CSS 2; JavaScript 1.6.

Литература

1. «Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях» от 30.12.2001 N 195-ФЗ (ред. от 31.12.2017) (с изм. и под., вступ. в силу с 29.01.2018).
2. **Федеральный закон от 22.12.2014 года №437-ФЗ «О внесении изменений в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях в части совершенствования взыскания штрафов за административные правонарушения в области дорожного движения».**

*А.С. Чистяков, студ.; рук. Н.З. Емельянова, к.э.н., доцент
(НИУ «МЭИ», Москва)*

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УЧЕТА ДЛЯ ДЕЖУРНОЙ СЛУЖБЫ ИНКАССАЦИИ

Разрабатываемая система предназначена для дежурной службы инкассации: где обычно большое количество внутренней документации. Для работы этой службы обязательно выполнение всех инструкций, связанных с инкассацией [1]. Дежурная служба инкассации является одной из важнейших структур управления инкассации и перевозки ценностей: обеспечивает организацию выездов на маршруты, корректировку маршрутов, поддержание связи с точками инкассации, ведение явочных карточек инкассируемых точек.

При разработке информационной системы было использовано моделирование предметной области с помощью нотации IDEF0. Дальше, была разработана ER-схема и схемы базы данных, особое внимание было уделено графическому интерфейсу [2].

Основное назначение системы:

- внесение изменений информации о перевезённых сумках:
 - номер сумки;
 - номер маршрута;
 - номер явочной карточки инкассируемой точки;
 - номер задания на маршрут;
 - состояние доставки сумки.
- Кроме этого в системе имеется возможность внесения изменений информации о заданиях на маршрут; маршрутах; явочных карточках точек.

Для реализации использовались следующие средства: Visual Studio, Windows Forms, MS SQL Server, Entity Data Model.

Литература

1. **Положение:** «О порядке ведения кассовых операций и правилах хранения, перевозки и инкассации банкнот и монеты Банка России в кредитных организациях на территории Российской Федерации» (утв. Банком России 24.04.2008 N 318-П) (ред. от 16.02.2015) (Зарегистрировано в Минюсте России 26.05.2008 N 11751);

2. **Карвин Б.** Программирование баз данных SQL. Типичные ошибки и их устранение / Б.Карвин. – М.: Рид Групп 2012, -336 с.

*А.Д. Воронов, студ.; рук. О.И. Артюхов, к.т.н., доцент.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МОНИТОРИНГА ОБРАЩЕНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ УСЛУГ ПАО «МОЭСК»

Первостепенной основой для учета и контроля процедуры обработки обращений любой организации, в том числе электросетевой организации служат всевозможные бумажные носители, реестры данных в MS Excel и т.д. Все они в процессе работы обновляются и изменяются. При больших объемах данных поиск и редактирование необходимых сведений, в существующем виде, представляет собой ресурсоемкий процесс, значительно снижающий эффективность деятельности компании и повышающий имиджевые риски.

Также, при взаимодействии со смежными подразделениями компании, приходится пользоваться электронной почтой (MS Outlook) и телефонную связь. Такие действия, без фиксации в единой информационной базе, приводит к проблемам в отслеживании истории обработки обращений и сбору статистики. На сегодняшний день на смену этим рутинным элементам приходят удобные, производительные, а главное быстродействующие информационные системы, представляющие собой специализированное программное обеспечение позволяющее автоматизировать обработку обращений в компании.

В представленном проекте рассматривается вопрос реализации единого бизнес – процесса по обработке обращений потребителей услуг ПАО «МОЭСК». Главной задачей данного бизнес – процесса будет являться автоматизации процедуры обработки с целью повышения качества подготовки ответов на обращения и снижению сроков рассмотрения.

Проектирование модуля по обработке обращений потребителей услуг осуществлялось с помощью 1С:Предприятие [1], потому, что она является универсальной системой автоматизации экономической и организационной деятельности предприятия. Поскольку такая деятельность может быть довольно разнообразной, система 1С:Предприятие может приспосабливаться к особенностям конкретной области деятельности, в которой она применяется. Логически всю систему можно разделить на две большие части, которые тесно взаимодействуют друг с другом, – конфигурацию и платформу, которая управляет работой конфигурации [2].

Литература

1. Сайт 1С:Предприятие 8 http://v8.1c.ru/overview/Term_000000877.htm.
2. М.Г. Радченко, Е.Ю. Хрусталева. 1С:Предприятие 8.3 Практическое пособие разработчика. – М.: 1С-Паблишинг, 2013.

*Д. А. Баканов, студ.; рук. Н.З. Емельянова, к.э.н., доц.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЮ УСЛУГИ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ЗДОРОВЬЯ

Рынок цифровых медицинских услуг стремительно растет по всему миру. Этот рост обеспечивается за счет заинтересованных пользователей и специалистов в области здравоохранения и медицинских центров. Речь идет о полной доступности к медицинским услугам, которые предоставляются в любом месте и в любое время. Общая тенденция показывает, что все больше людей готовы доверять новым технологиям, связанным со здоровьем, и платить за это деньги. В результате опроса, в котором приняли участие около четырех тысяч человек, выяснилось, что 46% опрошенных уже пользуются eHealth-услугами.

Телемедицинские системы способны удовлетворить данный спрос с помощью систем дистанционного мониторинга здоровья. Сходив к врачу на первичный прием, в дальнейшем пациент направляет доктору данные о своем состоянии в электронном виде. Это могут быть результаты анализов, обследований, а также данные от сертифицированных медицинских приборов, которые используются на дому: глюкометров, тонометров, холтеров и т. д. Врач дистанционно анализирует результаты и корректирует терапию, действия пациента, в том числе может сделать дополнительные назначения, выписать электронный рецепт.

Для решения данной проблемы был разработан прототип социальной платформы, реализующий создание назначений для пациента, канал коммуникаций между врачом и пациентом, просмотр изменений состояния пациента в течение заданного промежутка времени и сбор данных с носимых или стационарных устройств, поддерживающих данный функционал.

Разработанный прототип представляет собой набор взаимосвязанных микросервисов на базе фреймворка Spring Boot [1], отвечающих за выполнение узкоспециализированных задач. Данный подход позволяет легко масштабировать систему, оперативно подстраиваться под внешние условия, безболезненно внедрять новые функции, и обеспечивает стабильность платформы в случае нарушения работы компонентов [2]. Клиентская часть представляет собой веб-интерфейс, построенный с использованием фреймворка AngularJS.

Литература

1. **Walls C.** Spring in action / 4th ed. – NY: Manning Publications Co., 2014. – 600 p.
2. **Fowler M.** Patterns of Enterprise Application Architecture. – Boston: Addison-Wesley, 2014. – 534 p.

*И. В. Лесникова, студ.; рук. Н. З. Емельянова, к.э.н., доц.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

МЕТОДИКА ТЕСТИРОВАНИЯ BI-РЕШЕНИЙ ДЛЯ БАНКОВСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

В настоящее время работа кредитно-финансовых организаций невозможна без использования комплекса программного и технического обеспечения, направленного на автоматизацию банковской деятельности.

Одной из составляющих банковской деятельности является выпуск обязательной и управленческой отчетности, надзор за которой осуществляется со стороны ЦБ РФ (Федеральный закон №395-1, Ст.43) [1]. В связи с этим для получения достоверной финансовой отчетности в процессе разработки нового банковского аналитического продукта необходимо уделять особое внимание процессу тестирования.

В докладе рассмотрены аспекты основного процесса взаимодействия компонент корпоративного хранилища данных [2] и создания банковской аналитической отчетности в целом. В ходе анализа были выявлены следующие проблемы процесса тестирования банковской отчетности: динамическое изменение требований к проекту и отсутствие единой методологии тестирования BI-решений.

Для повышения качества реализации была разработана методика тестирования BI-решений, включающая в себя следующие разделы:

- описание общей стратегии тестирования ETL-процесса, проверки преобразования данных и их загрузки в Oracle BI;
- концепцию функционального тестирования банковской отчетности;
- алгоритм проведения неполного тестирования при доработке продукта;
- тестирование ETL-процесса после каждого релиза;
- регрессионное тестирование продуктов.

Кроме этого, было проведено экспериментальное исследование методики тестирования – было отмечено снижение количества дефектов, пропущенных на боевую среду на 20%, а также уменьшение времени, затрачиваемого на тестирование банковской отчетности.

Данное исследование представляет достаточный практический интерес в части предоставляемой возможности внедрения его результатов в деятельность кредитно-финансовых организаций в целях подготовки и реализации мер, направленных на совершенствование процесса тестирования отчетности в системах Oracle BI и Diasoft FLEXTERA.

Литература

1. **Федеральный закон «О банках и банковской деятельности»** от 02.12.1990 N 395-1 – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>
2. **Исаев Д.В., Аналитические информационные системы** [Электронный ресурс], Москва, 2008 – URL: <https://www.hse.ru/>

*М.Д. Кочнева, студ.; рук. В.С. Батасова, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

РАЗВИТИЕ КАФЕДРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ VINP+ ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

Кафедральная система VINP+ разработана в научно-методическом коллективе «Прикладная и бизнес-информатика» кафедры Безопасности и информационных технологий Инженерно-экономического института НИУ «МЭИ». Система предназначена для тестирования малых потоков студентов. Тесты хранятся в текстовых файлах, подготовленных по формату «по умолчанию» системы дистанционного обучения «Прометей». Одни и те же файлы тестов могут быть использованы и в системе VINP+, и в «Прометее».

Со времени своего создания (2016 г.) система VINP+ применяется:

- Для проведения предварительного опроса студентов с целью определения допуска к лабораторным и практическим работам.
- Как инструмент текущего контроля знаний студентов наряду с контрольными работами и другими мероприятиями

Возможно применение системы для итоговой аттестации (зачетов, экзаменов) при соответствующем наполнении тестов.

В ходе эксплуатации в систему VINP+ были внесены изменения, улучшающие ее функциональность [1, 2].

С целью повышения эффективности применения системы VINP+ в учебном процессе намечены следующие направления ее развития:

1. Улучшение представления отчета по тестированию студента.
2. Создание модуля системы, формирующего сводные ведомости результатов тестирования студенческой группы.
3. Анализ влияния результатов текущего тестирования на результаты зачетов и экзаменов.

Выполнение поставленных задач поможет использованию результатов тестирования в системах электронного контроля успеваемости студентов, например, во внедряемой в НИУ «МЭИ» системе БАРС.

Литература

1. **Батасова В.С., Кочнева М.Д.** Кафедральная система VINP+ автоматизированной проверки знаний. Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования» – ИНФОРИНО-2018 (Москва, 23-26 октября 2018 г.). М.: Издательский дом МЭИ, 2018. - 57-60 с.

2. **Кочнева М.Д.** О кафедральной системе тестирования знаний студентов. Труды Двадцать четвертой ежегодной международной научно-технической конференции студентов и аспирантов "Радиоэлектроника, электротехника и энергетика" (Москва, 15-16 марта 2018 г.). М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – 320 с.

*А. И. Смыслина, студ.; рук. А. А. Еремеев, ст. преп.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДАЧИ ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ НА НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКУЮ КОНФЕРЕНЦИЮ

В качестве программного продукта (ПП) был выбран Microsoft Sharepoint Server [2]. Для хранения всех сведений о заявках и авторах используется встроенный функционал Sharepoint – списки, также в отдельном списке хранится информация о секциях и их руководителях. На рис. 1 показано, как списки связаны между собой.

Потребовалось написать специальную веб-часть, которая позволила решить основную проблему при работе со списками Sharepoint – невозможность работы со списками анонимным пользователям [1].

Регистрация доклада состоит из двух этапов:

- заполнение формы сведениями о докладе, а также сведениями об авторах;
- загрузка файла с тезисами.

Если в докладе несколько авторов, то пользователь добавляет каждого автора отдельно с помощью кнопки **«добавить автора»**. Такой способ позволяет собирать и хранить информацию и обеспечит в будущем возможность почтовой рассылки.

Также предусмотрена возможность подачи заявки на участие в конференции без доклада, участник регистрируется на сайте и добавляет необходимые файлы, процесс рецензирования в этом случае не нужен.

Для удобства пользователя каждый этап сопровождается уведомлениями на e-mail. После регистрации авторов участник получает первое письмо, содержащее ссылку на страницу с формой загрузки доклада, также форма содержит поля для загрузки других файлов, необходимых для участия в конференции. После загрузки доклада участнику присваивается регистрационный номер, который отправляется ему на e-mail.



Рис. 1. Схема списков

Литература

1. **Официальный интернет-портал правовой информации** // [Электронный ресурс]. URL: // <http://pravo.gov.ru/>
2. **Alirezai R., Schwartz B., Ranlett M., Hillier S., Wilson B., Fried Je., Swider P.** Professional SharePoint 2013 Development. – Hoboken (New Jersey): John Wiley and Sons Inc. Publ., 2014. – 820 p. – ISBN 9781118495780.

*Е. А. Левитина, студ.; рук. О. В. Стоянова, д.т.н., доц.
(СПбГУ, Санкт-Петербург)*

ИНСТРУМЕНТЫ ПЛАНИРОВАНИЯ КАРЬЕРЫ КАК ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТАЛАНТАМИ

В исследовании российского рынка труда НИУ ВШЭ и ЦеГИ 2017 года [1] отмечается, что уровень занятости людей возрасте до 25 лет составляет 33% (в странах-лидерах показатель выше 60%). В связи с этим возникает вопрос: как помочь недавним выпускникам ВУЗов быстрее найти работу, соответствующую их квалификации.

Решением данного вопроса может стать раннее (на этапе получения образования) планирование карьеры. В компаниях планирование карьеры сотрудников – часть процесса управления талантами. Управление талантами включает в себя инструменты, позволяющие компании привлекать, эффективно использовать и удерживать сотрудников. Для автоматизации процесса управления талантами используются информационные системы управления талантами (СУТ).

В рамках исследования был проведён анализ рынка СУТ с целью найти системы, ориентированные на аудиторию студентов и школьников. Особенное внимание уделялось блокам «обучение» и «планирование карьеры». Объектом исследования стали 4 системы, в том числе, лидер рынка Oracle Talent Management Cloud. Во всех рассмотренных системах возможна разработка персонального плана развития, реализовано управление целями, средства мониторинга, гибкая настройка контента и подробные системы оценки компетенций.

Но только одна из рассмотренных систем ориентирована на интересующую нас аудиторию. СУТ «Профилум» создана для школ и позволяет ученикам определить свои карьерные предпочтения, а директорам – оптимально скорректировать учебный план в соответствие с нуждами учеников. Однако эта система ориентирована на очень узкую аудиторию, имеющую специфический запрос. В связи с этим, было принято решение о разработке собственного приложения для планирования карьеры студентами и школьниками.

Результатом данной работы стало техническое задание на разработку приложения и прототипы будущего приложения. Прототипы были созданы на основе данных, собранных в ходе исследования рынка СУТ и глубокого анализа целевой аудитории.

Литература

1. Гимпельсон В.Е., Капелюшников Р.И., Рошин С.Ю. и др. Российский рынок труда: тенденции, институты, структурные изменения. М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2017. – 148 с.

*Е.П. Баранова, студ.; рук. О.В. Стоянова, д.т.н., доцент
(СПбГУ, Санкт-Петербург)*

ОЦЕНКА КАДРОВЫХ РИСКОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

В настоящее время в компаниях наблюдается явная тенденция к увеличению доли прямых и косвенных издержек на персонал. Аккуратный учет рисков, связанных с персоналом, обеспечивает повышение эффективности деятельности организации. К последствиям неэффективного риск-менеджмента можно отнести замедление бизнес-процессов компании, ошибки в процессе реализации проектов, нарушение конфиденциальности и целостности важной информации.

Важное значение имеет проблема текучести персонала и сопутствующие ей риски финансового и нефинансового характера. Многие руководители при принятии управленческих решений действуют интуитивно и не учитывают сложную взаимосвязь факторов, влияющих на отток кадров из организации. Вследствие этого не может быть сформирована максимально эффективная кадровая политика.

В работе рассмотрено применение совокупности статистических методов и методов интеллектуального анализа данных для построения модели, позволяющей сделать выводы о причинах, влияющих на отток персонала из компании. В качестве инструментов обработки данных были выбраны SPSS Statistics и Matlab.

Исходные данные о сотрудниках включают в себя социально-демографические характеристики, сведения о должностях и доходах, оценки степени удовлетворенности работников, а также дополнительную информацию, включая сведения о том, остался или нет сотрудник в фирме.

Первый этап работы с данными – это проверка их качества. Далее вычисляются общие характеристики, результатом является информация о выбросах и выводы о репрезентативности выборки. На основе частотного анализа и вычисления средних можно составить общее представление о сотрудниках. Анализ показал, что, хотя более 60% сотрудников оценивали свою деятельность, условия работы и коллектив высоко или очень высоко, 16,1% людей все-таки покинули компанию.

Для выявления факторов, влияющих на отток кадров, был проведен корреляционный анализ данных и сформированы нейросетевые модели. В результате сопоставления полученных результатов были выделены наиболее значимые факторы и построена прогнозная модель. Данная модель может быть использована в системе автоматизированного управления персоналом как один из инструментов снижения кадровых рисков.

*В.А. Иванов, студ.; рук. А.А. Емельянов, д.э.н., проф.
(Филиал НИУ «МЭИ», Смоленск)*

ИНТЕГРАЦИЯ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГИЙ В EPR-СИСТЕМУ ДЛЯ ПРОЦЕССА ОПЛАТЫ ЗАКУПОК

Технология Blockchain с ее распределением и транзакционным подходом может кардинально изменить не только цифровую валютную базу, но и многие другие сферы нашего общества.

Интегрируя Blockchain в существующие IT-предприятия, могут появиться новые возможности и идеи для бизнеса. Например, объединяя технологии Blockchain с корпоративными приложениями, такими как системы планирования ресурсов предприятия (EPR), можно создать синергию для улучшения и управления новыми и существующими бизнес-процессами управления цепочками поставок.

В частности, интеграция блочной цепочки в процессе закупок при оплате в качестве базы данных между компаниями может создать так называемый «единственный источник правды» для сети поставщиков. Это может увеличить доверие между отдельными торговыми партнерами и сделать процессы более быстрыми, более прозрачными и более экономичными [1]. В рамках данного исследования требований и проблем интеграции, была разработана концептуальная модель архитектуры (модель показана на рис. 1) и технико-экономическое обоснование.

В нашем случае активы – это объект, с которым будет контактировать пользователь, а участник сети – это узел в котором находятся разные роли, благодаря которым и происходит взаимодействия с Blockchain. Характеризуя все элементы модели, устанавливается наиболее стабильная и прозрачная модель.

Однако текущие исследования в этой области только начинаются, так что существует значительный недостаток опыта интеграции Blockchain в существующие корпоративные организации. Например, для продуктивного использования технологии в процессе оплаты закупок необходимо решить некоторые интегративные и технологические проблемы в будущем и получить дополнительный опыт.

Литература

1. Swan M. Blockchain: blueprint for a new economy. Cambridge (Massachusetts): O'Reilly Media Inc., 2005. – 152p.

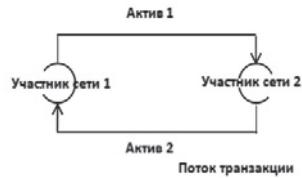


Рис. 1. Концептуальная модель.

*В. И. Еремеева, студ.; рук. О. И. Артюхов, к.т.н., доц.
(НУИ МЭИ, Москва)*

Моделирование случайных сигналов с заданным законом распределения

В представленном докладе рассматриваются вопросы моделирования случайных сигналов с заданным законом распределения.

Характерной чертой современного этапа развития общества является значительное усложнение объектов и систем, касающихся практически всех сфер человеческой деятельности. Эта тенденция прослеживается в научной, инженерной, экономической и технической областях. Поэтому на первый план выдвигаются задачи создания средств автоматизации, призванных скомпенсировать рост сложности решаемых задач, ослабить проблему ограниченности человеческих возможностей. К числу таких средств относятся автоматизированные системы научных исследований, автоматизированные информационные системы и т.п.

Одним из универсальных методологических подходов, используемых при создании систем автоматизации, является методология моделирования, предполагающая замену дорогостоящего и, подчас небезопасного, экспериментирования с реальными объектами или «проигрыванием» различных ситуаций на модели.

Особое и лидирующее место среди современных средств моделирования занимают вычислительные или имитационные системы, в которых модель представлена неким вычислительным алгоритмом и реализующей его программой.

Как правило, большинство используемых моделей, в том числе и вычислительных, характеризуется недостаточным уровнем изученности всех тонкостей моделируемых явлений и объектов, а также необходимостью учета воздействий, так называемой «внешней среды окружения». Методологическим аппаратом для реализации этой составляющей являются методы и средства статистического моделирования, предполагающие использование различного рода случайных чисел, сигналов, алгоритмов их обработки и т.п.

Литература

- 1. Норенков. И.П.** *Разработка систем автоматизированного проектирования. Учебник для вузов.*-М.:изд-во МГТУ,1994.
- 2. Советов Б.Я., Яковлев С.А.** *Моделирование систем. Учебник для вузов по специальности «Автоматизированное управление».* М.:Высш.школа,1985.
- 3. Вентцель Е.С.** *Теория вероятностей. Учебник для вузов.*5-е изд. -М.:Высш.школа,1988.

*А. С. Миротворская, студ.; рук Н. З. Емельянова, к.э.н., доц.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SELENIUM WEBDRIVER ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ

Важной частью этапа контроля качества при разработке Web-приложений является автоматизация процесса тестирования. Одним из средств сокращения времени тестирования и упрощения самого процесса является такой инструмент автоматизации, как Selenium WebDriver.

По назначению Selenium WebDriver представляет собой набор программных библиотек для различных языков программирования, которые могут управлять поведением браузера: получать от браузера данные и заставлять браузер выполнять различные команды.

Принцип работы Selenium WebDriver заключается в том, что при помощи протокола JsonWireProtocol к драйверу отправляются HTTP запросы, где указываются действия, которые должен совершать браузер.

Для работы с WebDriver необходимо три основных программных компонента:

1. Браузер. Программное обеспечение, использующееся для запроса, обработки, манипулирования и отображения содержания веб-страницы.
2. Драйвер браузера. Это веб-сервер, который осуществляет запуск браузера и направляет ему команды.
3. Тестовый скрипт. Набор команд на определенном языке программирования, с помощью которого и определяются действия, совершаемые над браузером.

Таким образом, главная функция WebDriver заключается в предоставлении скриптам с автотестами доступа к браузеру.

Открытость и гибкость Selenium WebDriver позволяет инструменту легко интегрироваться с различными тестовыми фреймворками и другими инструментами, что дает возможность создавать на его основе более узконаправленные инструменты для различных целей.

Литература

1. **Avasara S.** Selenium WebDriver Practical Guide. – Birmingham (UK), Packt Publishing Ltd., 2014. – 264 p.

2. **Collin M.** Mastering Selenium WebDriver, – Birmingham (UK), Packt Publishing, 2015. – 280 p.

3. **Официальная документация.** [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.seleniumhq.org/projects/webdriver>.

4. **Документация.** [Электронный ресурс]. URL: https://drive.google.com/file/d/0B7TBmvs_v76nQ1FfQVdyWWRXYk0/view.

*В.В. Гельмут, студ.; рук. А.А. Емельянов, д.э.н., проф.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

СОКРАЩЕНИЕ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ ПРОИЗВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЦЕПОЧЕК ПОСТАВОК

В условиях жесткой конкуренции производственные предприятия дискретного машиностроения вынуждены максимально сжимать сроки от поступления заказа клиента до отгрузки готовой продукции. Часто попытка сократить сроки осуществляется за счет наращивания временных и объемных буферов – «заморозка» плана производства на длительный период (до полугода) и увеличение материальных запасов, с целью страховки от срывов внешних поставщиков и перехода от стратегии «производство – на – заказ» к «сборке – под – заказ». Однако, данная стратегия приводит к росту объема замороженных средств в виде невостребованного НЗП и общего замедления реакции производственной системы на изменения плана [1].

ERP системы, позволяющие формировать план позаказный с помощью алгоритма APS или партионный с MRP II, справляются с среднесрочным и долгосрочным планированием вне замороженного периода [2], но не решают задачу краткосрочного планирования в условиях рванного спроса, высокой вариативности номенклатурных позиций и дефицита точных исходных данных для планирования (прогнозы и заказы клиентов, спецификации и данные о загрузке ресурсов). Отсутствие «скользящего» планирования – непрерывного перепланирования с учетом факта, приводит к тому, что задача оперативного управления производством к наступлению очередного планового периода замещается ручным обслуживанием нерелевантного плана для гашения колебаний, возникших в оперативном режиме.

Одним из путей решения вышеназванных проблем является использование SCM-подходов на микроуровне, и ускорение коммуникаций между производственными звеньями путем внедрения систем класса SCMo. Вытягивание под спрос от внешнего потребителя и увеличение частоты сообщений между узлами сети снижает уровень колебаний в материальном и информационных потоках [3].

Литература

- 1. Wallace J. Hopp, Mark L. Spearman.** Factory Physics. Waveland Pr Inc; 3 edition, 2011, pp. 138-149.
- 2. Форрестер Дж.** Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика): Пер. с англ. — М.: Прогресс, 1971.
- 3. Питеркин С. В.** Скорость реакции промышленных предприятий 2006 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://rightstep.ru/media/pdf/knowledge-methodology/skorostreakciipredpr.pdf>.

*В.В. Гельмут, студ.; рук. А.А. Емельянов, д.э.н., проф.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

СОКРАЩЕНИЕ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ ПРОИЗВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ МОНИТОРИНГА ЦЕПОЧЕК ПОСТАВОК

В условиях жесткой конкуренции производственные предприятия дискретного машиностроения вынуждены максимально сжимать сроки от поступления заказа клиента до отгрузки готовой продукции. Часто попытка сократить сроки осуществляется за счет наращивания временных и объемных буферов – «заморозка» плана производства на длительный период (до полугода) и увеличение материальных запасов, с целью страховки от срывов внешних поставщиков и перехода от стратегии «производство – на – заказ» к «сборке – под – заказ». Однако, данная стратегия приводит к росту объема замороженных средств в виде невостребованного (незавершенного) производства и общего замедления реакции производственной системы на изменения плана [1]. ERP системы, позволяющие формировать план позаказный с помощью алгоритма APS или партионный с MRP II, справляются с среднесрочным и долгосрочным планированием вне замороженного периода [2], но не решают задачу краткосрочного планирования в условиях «рванного» спроса, высокой вариативности номенклатурных позиций и дефицита точных исходных данных для планирования (прогнозы и заказы клиентов, спецификации и данные о загрузке ресурсов). Отсутствие «скользящего» планирования – непрерывного перепланирования с учетом факта, приводит к тому, что задача оперативного управления производством к наступлению очередного планового периода замещается ручным обслуживанием нерелевантного плана для гашения колебаний, возникших в оперативном режиме.

Одним из путей решения вышеназванных проблем является использование SCM-подходов на микроуровне, и ускорение коммуникаций между производственными звеньями путем внедрения систем класса SCMo. Вытягивание под спрос от внешнего потребителя и увеличение частоты сообщений между узлами сети снижает уровень колебаний в материальном и информационных потоках [3].

Литература

1. **Норр В. J., Спарман М. L.** Factory Physics / 3rd edition. Long Grove (Illinois): Waveland Pr. Inc., 2011. P. 138 – 149.
2. **Форрестер Дж.** Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика). М.: Прогресс, 1971. – 340 с.
3. **Питеркин С. В.** Скорость реакции промышленных предприятий 2006 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://rightstep.ru/media/pdf/knowledgemethodology/skorostreakciipredpr.pdf>.

*И.И. Тищенко, студ.; рук. А.А. Емельянов, д.э.н., проф.
(Филиал НИУ «МЭИ», Смоленск)*

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ СМО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТАБЛИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ В СРЕДЕ EXCEL

При необходимости моделирования систем массового обслуживания (СМО) в большинстве случаев внимание уделяется моделирующей системе *GPSS*, но также в учебной практике не обделены вниманием *Actor Pilgrim* и *AnyLogic* [1]. Данные системы интересны ввиду возможности построения моделей со сложными логическими структурами, с применением значительного арсенала существующих средств для построения моделей. Тем не менее интересным способом реализации процедуры моделирования СМО является использование табличных процессов. При решении вероятностных задач, связанных с моделированием систем массового обслуживания, он дает отличное представление работы построенной системы.

В большинстве случаев моделирование систем массового обслуживания осуществляется с использованием двух подходов: ориентированного на события и ориентированного на процессы. В виду сложности реализации модели с помощью событийного подхода, наименее трудоемким вариантом составления будет СМО, построенная с использованием ориентированного на процессы подхода.

Авторы некоторых публикаций предлагают использовать различные пакеты, комбинируя другие системы для достижения лучших результатов в обучении студентов в области имитационного моделирования. Например, в работе [2] используется Excel для реализации модели СМО.

Структура табличного моделирования в данном случае представляет собой строчное моделирование процесса, где в каждой строке отражаются данные о действиях определенного транзакта. Данные рассчитываются в каждой ячейке по вложенным формулам в соответствии со столбцом, в котором она находится.

Данный метод моделирования имеет хорошие перспективы, поскольку не требует применения знаний определенной системы моделирования и соответствующего языка программирования и позволяет лучше представить процесс работы составленной системы. Кроме того, возможно применить построение простейших графиков для обобщения и конкретизации результатов проделанной работы.

Литература

1. Бульгина О.В., Емельянов А.А., Емельянова Н.З. Имитационное моделирование в экономике и управлении / Под ред. А. А. Емельянова. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 592 с.
2. Грибанова Е.Г. Процессно-ориентированное моделирование систем массового обслуживания в Excel // Прикладная информатика. 2015. № 6 (60). С. 83–90.

*Д.С. Лимонцев, студ.; рук. А.А. Емельянов, д.э.н., проф.
(Филиал НИУ «МЭИ», Смоленск)*

СТИЛИЗАЦИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Глубокие нейросети с их довольно быстрой обучаемостью являются первоклассным инструментом для решения ряда задач. На сегодняшний момент ИИ-технологии активно используются в различных сферах жизни общества [1]. Например, распознавание речи, изображений и т.д. Большой успех в недавнее время приобрело такое явление, как стилизация изображений, суть которого заключается в преобразовании исходного изображения при помощи наложения определенного стиля художества (авангард, постмодерн и т.д.). Данная технология уже успешно практикуется в программных продуктах Adobe.

Логично будет предположить, что посредством глубоких нейросетей, возможно осуществить стилизацию музыкальных произведений [2]. Но данный процесс несколько осложняется, ввиду того, что музыка – явление по смыслу абстрактное и многомерное. Это осложняет формализацию переноса стиля в музыку.

Кроме того, существуют другие факторы, затрудняющие развитие данного направления, а именно:

- понимание машинами музыки затруднено, что обусловлено сегодняшним уровнем развития нейросетей;
- музыка дискретна на символьном уровне;
- музыка динамична (иными словами, скоротечна)

Упростить задачу стилизации возможно при помощи разделения музыкального произведения на две основные составляющие: ритмовый рисунок (он в большей степени определяет стиль того или иного произведения) и тоновое содержимое. Такой подход вкупе с быстрой обучаемостью нейросети должен дать положительный результат.

Стилизация музыки посредством ИИ-технологий будет прекрасным инструментом и помощником как продвинутым, так и начинающим композиторам. Такой автоматический инструмент, использующий огромную базу жанров и стилистических направлений, будет в обиходе у музыкантов, которым быстро нужно будет опробовать новые идеи.

Литература

1. **Haykin S.** Neural networks and learning machines / 3rd edition. – Upper Saddle River (New Jersey): Prentice Hall International Inc. Publ., 2009. – 906 p.
2. **Рашид Т.** Создаем нейронную сеть. М: Вильямс, 2018. – 222 с.

*А. С. Битюцкая, студ.; М. И. Дли, д. т.н., проф.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАССАЖИРОПОТОКА НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ

Транспортная система представляет собой одну из важнейших отраслей экономики страны, выступая ключевым фактором ее роста за счет повышения мобильности населения и товаров. Разработка экономико-математических инструментов, позволяющих осуществлять поддержку принятия решений по управлению предприятием железнодорожного пригородного сообщения на основе применения нейросетевых моделей, реализующих технологии глубинного обучения для прогнозирования пригородного пассажиропотока, является актуальной задачей.

Разработанный метод прогнозирования пассажиропотока адаптируется для каждого железнодорожного вокзала с учетом особенностей организации контроля и управления пассажиропотоком и состоит из нескольких этапов:

- конкретизация исходных данных (источников информации о пассажиропотоке, выделение факторов, если это возможно, влияющих на дальнейший прогноз пассажиропотока);
- предварительная подготовка исходных данных (DataPreprocessing) для возможности дальнейшей их обработки выбранными технологиями;
- разработка структуры системы машинного обучения и ее реализация;
- применение системы машинного обучения.

Под исходными данными для прогноза пассажиропотока понимается та информация, которая используется системой глубокого обучения, на вход которой поступают данные с камер видеонаблюдения, расположенных в разных точках вокзала.

Изображения могут формироваться из разных источников. Часть изображений формируется непосредственно из видеопотока с видеокамер.

Решенная научная задача имеет существенное значение для развития теории и практики планирования загрузки подвижного состава пригородного сообщения и информационного обеспечения управленческой деятельности в рамках единой ERP-системы железнодорожного предприятия.

Практическое использование разработанной модели позволило обеспечить качество прогноза пассажиропотока на уровне выше 70% и сократить издержки, связанные с обеспечением пригородного сообщения Смоленской области.

Литература

1. Киреевкова М. С., Пучков А. Ю., Лобанева Е. И. Экономико-математическая нейросетевая модель для прогнозирования пассажиропотока железнодорожного пригородного сообщения // Транспортное дело России. 2018. № 4. С. 96–101.
2. Тюкаев Д. А., Пучков А. Ю., Киреевкова М. С. Алгоритм классификации сигнатур в экономико-математической модели прогнозирования пригородного пассажиропотока на основе нейронных сетей // Транспортное дело России. 2018. № 4. С. 108–112.

*К.А. Калганова, студ.; рук. А. А. Емельянов, д.э.н., проф.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Процесс описания и анализа транспортной деятельности стал сложнее из-за все более обширного развития и усложнения структуры цепочек поставок. Одним из инструментов, способных решать непростые логистические задачи, является имитационное моделирование. Для поиска эффективных стратегий управления транспортными потоками, оптимальных решений по проектированию транспортной безопасности в компании, необходимо учитывать широкий спектр характеристик транспортного потока, закономерности влияния внешних и внутренних факторов. Актуальность соответствующих исследований в эпоху цифровой экономики очевидна.

Объектом исследования является предприятие логистики, осуществляющее логистические операции и услуги, в результате чего образуются совокупности транспортных потоков, образующих, как правило, единый логистический процесс.

Предмет исследования – система поддержки принятия решений (СППР) для управления экономическим логистическим процессом, возникающий в связи с деятельностью предприятий логистики, интеллектуальной компонентой которой является имитационная модель.

Цель исследования: создание имитационной модели деятельности компании, которая тесно связана с транспортными услугами, за счет которых происходит продажа, поставка и прочие отношения с партнерами и потенциальными потребителями.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) выявить основные бизнес-процессы транспортной деятельности;
- 2) определить метод и технологию достижения поставленной цели;
- 3) выявить основные факторы, влияющие на функционирование логистической системы, и определить источники основных исходных данных для имитационной модели;
- 4) построить имитационную модель автопарка, провести калибровку и верификацию модели; провести эксперимент;
- 5) оценить экономическую эффективность разработки.

Литература:

1. Булыгина О. В., Емельянов А. А., Емельянова Н. З. Имитационное моделирование в экономике и управлении / Под ред. А. А. Емельянова. М.: ИНФРА-М, 2019. – 592 с.

2. Строгалев В. П., Толкачева И. О. Имитационное моделирование. М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. – 260с.

*Денисенко В.К., студ., рук. Лукьянова Т.В., ст. преп.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРТИФИКАЦИОННОГО ОРГАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CRM

Сегодня необходимость автоматизации работы с клиентами возникает непосредственно из требований рынка. Все необходимые методы и инструменты реализованы в рамках концепции CRM, которая является фактически средством эффективной координации и планирования работы больших коллективов, реализуя столь фундаментальный сегодня в маркетинге “клиенто-ориентированный” подход.

Компания АО «Веритас» - международная компания, которая предоставляет услуги по автоматизации предприятий, но для нее характерны проблемы автоматизации департаментов.

Это связано с большим количеством CRM-систем, что приводит к экономическим и человеческим затратам для работы с ними. Для решения этой проблемы можно применить два подхода:

- Совместное использование OLAP и OLTP, внедрение займет год, но при этом остаются все CRM-системы;

- Использование одной CRM-системы. Это решит большинство проблем в данной области, но внедрение будет проходить в течение 2-5 лет.

Окончательное решение - использование одной программы, которая будет отвечать всем нормам CRM-систем, а также будет принята остальными филиалами и департаментами компании.

Для качественной работы CRM-системы была сформирована база данных. Перед проектированием БД был проведён анализ предметной области, на основе которого велась последующая работа [1].

После принятия основных направлений работы и окончания анализа предметной области, была сформирована логическая модель базы данных, отражающая все сущности и связи между ними.

Были разработаны рекомендации по внедрению CRM в организацию. Все данные соответствуют целям работы, результаты, полученные в ходе использования, помогут организации во внедрении автоматизированной системе, что позволит усовершенствовать бизнес-процесс продаж и улучшить обслуживание клиентов [2].

Литература

1. **Мардас А.Н., Гуляева О.А.** Методы стратегического анализа в корпоративном управлении. СПб.: Технолит, 2016. – 145 с.

2. **Казакова А.Н., Файзуллина А.Г.** Концепция CRM и CRM системы на предприятиях // Символ науки. 2016. № 1. С. 119–121.

*Н. А. Уварова, студ.; рук. А.А. Тютюнник, канд.э.к.наук,доц.
(филиал ФГБОУ «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ИННОВАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

В условиях развития инновационной экономики значимым процессом информатизации представляется процесс внедрения и развития разнообразных информационных систем (ИС) управления [1].

Учитывая специфические черты организации инновационной деятельности, сложной задачей является выбор модели управления жизненным циклом ИС, причем важно уделить внимание не только рациональному распределению ресурсов, как это принято в существующих процессах, но и решить проблему, связанную с недостаточно качественным и быстрым внедрением и развитием инноваций.

Выявлено, что в стандартном виде применение существующих моделей на практике затруднительно, что требует проведения детализации и модификации. В связи с этим предлагается использовать модифицированную спиральную модель управления, адаптированную под инновационную сферу, которая учитывает необходимые аспекты разработки и внедрения различных инноваций (внутриорганизационных, технологических и т.д.) на всех этапах управления жизненным циклом ИС. Отмечено, что те или иные инновационные проекты невозможно осуществлять по отдельности. Вследствие этого предлагаемая модель позволяет согласовать между собой весь комплекс инновационной деятельности, путем наличия у спиралей общих реперных точек, которые отражают межэтапные результаты проектов, завершающие этапы, при этом они также имеют сценарии входа и выхода, позволяющие как возвращаться к наиболее успешным решениям, так и при необходимости пропускать различные этапы проекта. Имеется возможность четко идентифицировать тип осуществляемых инноваций в данных точках, а в случае неблагоприятных изменений условий среды можно оперативно и без потерь прекращать или же приостанавливать проект, также можно применять готовые решения в других инновационных проектах.

Отличительной особенностью модели является то, что ее применение позволяет дополнять и корректировать объемы и состав тех или иных проектных работ в условиях постоянных и быстрых изменений внешней и внутренней среды организаций и значительно сокращать временные затраты, что при реализации инновационной стратегии позволяет повысить эффективность и адаптивность инновационного процесса.

Литература

1. Заенчковский А.Э. Методология анализа и управления инновационными системами // Экономические науки. 2011. № 82. С. 47-51.

*Сафергалиева В.А., студ.; рук. Жнякин О.В., доц.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ НАПИСАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ ДЛЯ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Функциональные требования являются неотъемлемой частью при разработке любого программного продукта [1]. Они определяют, что разработчики должны реализовать, чтобы пользователи информационной системы смогли достигнуть поставленных целей в рамках бизнес-требований.

Одним из важных критериев при разработке методики описания функциональных требований было наличие требований заказчика к формату данных требований. Они заключались в развернутости, подробном описании действий и системы, и пользователя.

Учитывая выдвинутые заказчиком требования был разработан метод, в основе которого лежит табличный стиль и технология RUP (Rational Unified Process).

Согласно разработанному методу, описание функциональных требований заключается в общих сведениях о реализуемых функциях и сценариях. Общие сведения содержат следующие данные:

- Название варианта использования (краткое описание);
- Предусловие (предшествующие события);
- Сценарии (основной и альтернативные сценарии);
- Постусловия.

Сценарии вариантов использования записываются в таблицу с четырьмя колонками:

- Номер шага;
- Действующее лицо (Пользователь или Система);
- Описание действия;
- Дополнения.

Методика описания функциональных требований для автоматизированных систем, разработанная с учетом особенностей проекта и требований заказчика, способствует качественной разработке автоматизированной системы и повышению прибыли компании за счет внедрения разработанной методики [2].

Литература

1. Коберн А. Современные методы описания функциональных требований к системам. – М.: Лори, 2014
2. Корнипаев И. Требования для программного обеспечения: рекомендации по сбору и документированию. М., Книга по требованию, 2013

*Н.О. Ставцев, студент; рук. Л.В. Фомченкова, д.э.н., проф.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СИСТЕМА УЧЕТА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНЫХ ВИЗУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для осуществления контроля и оценки эффективности работы сотрудника за компьютером, организации внедряют программное обеспечение, осуществляющее учет рабочего времени. Принцип работы данных систем основан на отслеживании и анализе программ и сайтов, с которыми взаимодействует сотрудник, а также произведенных действий компьютерной мышью и клавиатурой. Если в течении определенного времени пользователь не осуществляет никаких действий, то фиксируется непродуктивность работы. Но используя специальные скрипты или устройства, эмулирующие работу компьютерной мыши и клавиатуры с определенной частотой, сотрудник может обмануть систему.



Рис.1. Система учета рабочего времени с применением айтрекинга

Данную проблему можно решить с помощью когнитивной визуальной технологии айтрекинг, которая отслеживает активность и движение глаз пользователя [1] с использованием специального устройства айтрекер. Если система долго не сможет найти глаза пользователя (рис. 1), то будет считаться, что он отсутствует на рабочем месте. Также если будут фиксироваться действия компьютерной мыши и клавиатуры, а айтрекинг покажет, что данный пользователь отсутствует или не смотрит на экран, будет сделан вывод о попытке обмана системы. Анализ активности движения глаз позволит оценивать степень концентрации внимания и наступления утомления сотрудника, на основе чего можно будет рационально распределить время работы за компьютером.

Таким образом, когнитивная визуальная технология айтрекинг позволит повысить эффективность процесса учета рабочего времени, сократить его потери и стимулировать сотрудников организации на производительный труд.

Литература

1. **Фазыльязнова Г.И., Балалов В.В.** Айтрекинг: когнитивные технологии в визуальной культуре // Вестник тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. № 2. 2014. – С. 628-633.

*Н.О. Таначев, В.О. Садыков, студенты; рук. А.Н. Богданов, к.т.н.
(КГЭУ, Казань)*

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «ЛИЧНЫЙ КАБИНЕТ СТУДЕНТА КГЭУ»

В КГЭУ используется удобная и полезная система – Личный кабинет. Это персональная страница на сайте КГЭУ, где студент может увидеть свою результативность в ходе учебной и научной деятельности, перечень предстоящих учебных дисциплин и многое другое.

Но данная система имеет значительный недостаток – отсутствие версии для мобильных устройств. С учетом наличия мобильных устройств практически у 100% современной молодежи разработка такого приложения является актуальным.

Данное приложение позволит оперативно определять расписание занятий на заданный день с учетом четной или нечетной недели, отслеживать наличие баллов за деятельность в общежитии. Данное приложение в дальнейшем можно также использовать в качестве оперативного источника информации для студентов. Например, оно может держать своих пользователей в курсе последних новостей, в частности, о грантах, конкурсах, семинарах и других событиях университета. Также приложение может содержать обновленную информацию об университете, факультетах, студенческих клубах, контактах, последних новостях и грядущих событиях, библиотеку с учебными материалами в формате e-pub, авторами которых являются преподаватели вуза.

Подобные приложения имеются в других университетах. Большая часть мобильных приложений для ВУЗов представляет собой расписание занятий. В отличии от Российских ВУЗов, где процесс создания мобильных приложений только на зачаточном этапе, крупнейшие зарубежные ВУЗы считают делом чести выпустить собственное мобильное приложение. И нашлась организация, поставившая процесс создания ВУЗовских приложений на промышленные рельсы. Называется она Blackboard и является самым крупным поставщиком коммерческих систем дистанционного обучения. Одной из их систем стал конструктор, позволяющий ВУЗу сконструировать собственное мобильное приложение с собственными цветами, иконками, размещением в iTunes и Google Play и собственным набором возможностей.

В настоящее время на базе Молодежного инновационного центра КГЭУ «Энергия» разрабатывается прототип приложения, затем планируется его апробация в рамках одного института, доработка и внедрение в общее пользование.

Е.И. Лобанева, асп.; рук. М. И. Дли, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ МОДЕЛЕЙ
НА ОСНОВЕ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

При построении нейросетевых моделей важным являются вопросы количественной оценки их сложности. Был предложен метод оценки сложности модели по количеству структурных блоков, входящих в ее состав (декомпозиционный принцип). Это сделано с целью получения эмпирического правила, позволяющего на первом этапе определить глубину архитектуры нейронной сети на основе оценки данной сложности. Например, такие параметры, как количество слоёв, размер параллельных потоков, количества сверточных фильтров и т.д. Для разработки прогностических моделей используются изображения, точнее их обработка нейронными сетями, поэтому для оценки сложности модели используются такие сверточные разновидности глубоких нейронных сетей, которые позволяют эффективно распознавать изображения.

Предлагаемый метод предполагает на первом этапе проведение декомпозиции изучаемой предметной области в данной точки прогнозирования, разбиение на подзадачи и формирование для каждой подзадачи отдельной структуры нейронной сети, состоящей из одного скрытого слоя. Для каждого подблока создается один виртуальный блок. Таким образом, какое количество блоков в модели получилось, такое количество скрытых слоёв в сети и применяется. Это основные блоки. Под блоком понимается совокупность слоя свертки и подвыборки, а также дроп-слой, который предотвращает переобучение нейронной сети случайным образом.

Данное правило является эмпирическим, но практические эксперименты, проведенные на нескольких моделях, показали, что оно позволяет эффективно определить структуру сети, обеспечивая ошибку распознавания ситуации более, чем на 65%. Предлагаемые методы могут найти применение и в других областях, после адаптации и переобучения сети по соответствующей области.

Литература

1. Hinton G., Deng L., Yu D., Dahl G., Mohamed A., Jaitly N., Senior A., Vanhoucke V., Nguyen P., Sainath T., Kingsbury B. Deep Neural Networks for Acoustic Modeling in Speech Recognition // IEEE Signal Processing Magazine. 2012. Vol. 29. No. 6. P. 82–97.

2. Лобанева Е.И., Киреевкова М.С., Пучков А.Ю. Экономико-математическая нейросетевая модель для прогнозирования пассажиропотока железнодорожного пригородного сообщения // Транспортное дело России. 2018. № 4. С. 96-101.

Современные информационные технологии в бизнесе

Бизнес - это отношения между участниками рынка по поводу их совместной деятельности, нацеленной на получение прибыли (или иных форм дохода) от использования капитала.

В эпоху развития информационных технологий, их связь с бизнесом становится очень тесной и многие люди заинтересованные в реализации бизнес проектов всё больше обращаются к IT-технологиям. В начале 2000-ых годов люди без технического образования не могли в полной мере использовать интернет как средство продвижения рынка, в виду его малой популярности и малому распространению среди населения. Сейчас же почти у каждого человека есть устройства взаимодействия с интернет услугами, и на основе существующих методологий, человек может с нуля заниматься предпринимательством.

Проблемы в таком подходе тоже присутствуют. Ведь технологии сами по себе достаточно универсальны и не могут найти индивидуального подхода к каждому пользователю. Также такой бизнес не может охватить достаточно большую аудиторию потребителей, ведь в основном в таких технологиях, в большей степени разбирается молодое поколение. Возникают большие проблемы с информационной безопасностью, из-за наличия человеческого фактора даже в этой сфере.

На Западе в виду постоянной унификации бизнеса по всему миру данный этап ведения бизнеса схож с русской стратегией, пусть и наличествуют некоторые моменты, отличающиеся свойствами менталитета определенной страны. Конечно, нам далеко до некоторых американских корпораций, капитализация которых насчитывает свыше одного триллиона долларов, но чем больше прогрессируют информационные технологии по всему миру, тем всё меньше видна разница между организационной структурой предприятий по всему миру.

Литература

1. **И.Кобаяси.** 20 ключей к совершенствованию бизнеса // РИА «Стандарты и качество». 2007 г. 248 с.
2. **Н. Московцев., С.Шевченко.** Бизнес по-русски, бизнес по-американски // Питер. 2003 г. 352 с.

А.О. Рудых, студ.; рук. А.З. Пронин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В БИЗНЕСЕ

Бизнес - это отношения между участниками рынка по поводу их совместной деятельности, нацеленной на получение прибыли (или иных форм дохода) от использования капитала.

В эпоху развития информационных технологий, их связь с бизнесом становится очень тесной и многие люди заинтересованные в реализации бизнес проектов всё больше обращаются к IT-технологиям. В начале 2000-ых годов люди без технического образования не могли в полной мере использовать интернет как средство продвижения рынка, в виду его малой популярности и малому распространению среди населения. Сейчас же почти у каждого человека есть устройства взаимодействия с интернет услугами, и на основе существующих методологий, человек может с нуля заниматься предпринимательством.

Проблемы в таком подходе тоже присутствуют. Ведь технологии сами по себе достаточно универсальны и не могут найти индивидуального подхода к каждому пользователю. Также такой бизнес не может охватить достаточно большую аудиторию потребителей, ведь в основном в таких технологиях, в большей степени разбирается молодое поколение. Возникают большие проблемы с информационной безопасностью, из-за наличия человеческого фактора даже в этой сфере.

На Западе в виду постоянной унификации бизнеса по всему миру данный этап ведения бизнеса схож с русской стратегией, пусть и наличествуют некоторые моменты, отличающиеся свойствами менталитета определенной страны. Конечно, нам далеко до некоторых американских корпораций, капитализация которых насчитывает свыше одного триллиона долларов, но чем больше прогрессируют информационные технологии по всему миру, тем всё меньше видна разница между организационной структурой предприятий по всему миру.

Литература

1. **И.Кобаяси.** 20 ключей к совершенствованию бизнеса // РИА «Стандарты и качество». 2007 г. 248 с.
2. **Н. Московцев., С.Шевченко.** Бизнес по-русски, бизнес по-американски // Питер. 2003 г. 352 с.

Е.А. Луферова, студент (филиал «МЭИ» в г. Смоленске);

Е.В. Федотова, к.т.н., с.н.с. (НИУ «МЭИ»);

рук. В.В. Борисов, д.т.н., проф. (филиал «МЭИ» в г. Смоленске)

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ВАЛИДАЦИИ МОДЕЛЬНЫХ ОЦЕНОК КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Задачей исследования является разработка прогнозных оценок региональных климатических параметров на основе данных моделей глобальной циркуляции атмосферы. Модельные данные предоставлены проектом CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) – это современный суперансамбль глобальных климатических моделей [1]. Его задачей является объединение результатов лучших моделей общей циркуляции атмосферы.

Разработан инструмент для валидации модельных оценок с использованием данных наблюдений, позволяющий качественно и количественно оценить поведение моделей общей циркуляции (рис. 1), на языке программирования R, который предназначен для статистической обработки данных и работы с графикой. Входные данные подвергаются предварительной обработке, состоящей из нескольких этапов. На основе архивов ps-файлов сформирована матрица модельных оценок сезонных и среднегодовых значений параметра. На основе полученных результатов проведена оценка, насколько модельная средняя температура отличается от данных наблюдений для каждой модели и ансамбля в целом.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 18-79-10255).

Литература

1. Taylor, K.E., R.J. Stouffer, G.A. Meehl: An Overview of CMIP5 and the experiment design. Bull. Amer. Meteor. Soc., 93, 485-498, doi:10.1175/BAMS-D-11-00094.1, 2012.
2. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т., Швец Н.В. Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485 от 23.10.2014.

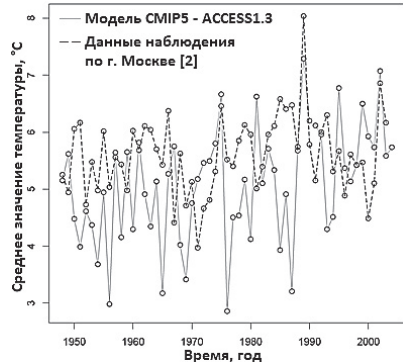


Рис. 1. График среднегодовой температуры

*И.В.Молоканова, студ.; рук. О. В. Жнякин, доцент
(НИУ «МЭИ», Москва)*

СИСТЕМА БАНКОВСКОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОТЧЕТНОСТИ ФАЗИС

Проект создания Системы аналитической отчетности ФАЗИС выполнен с целью повышения качества и оперативности сбора управленческой отчетности за счет применения современных средств бизнес анализа.

Система обеспечивает для аналитиков возможность самостоятельно формировать над **данными хранилища** операционных данных Банка управленческую отчетность и анализировать данные в рамках единой бизнес-модели данных, независимо от специфики подразделения.

Система аналитической отчетности ФАЗИС реализована на платформе Oracle Business Intelligence, которая обеспечивает как использование готовых аналитических форм, так и самостоятельное их формирование пользователями системы [1].

В качестве основного источника данных, доступных в Системе, используются витрины данных, реализованные в реляционной СУБД Oracle. В качестве дополнительного источника используются многомерные кубы, реализованные в многомерной БД Oracle Hyperion Essbase, которые также заполняются на основании витрин данных.

В системе используются следующие средства визуализации данных, входящие в состав Oracle Foundation Suite [2]. В качестве способа реализации используются следующие средства:

- Interactive Dashboards – для предоставления доступа к интерактивным отчетам;
- Analysis – для построения отчетов и выполнения произвольных пользовательских запросов.

Работа с данными инструментами осуществляется с помощью веб-браузера. Данные, полученные при выполнении готовых отчетов и произвольных пользовательских запросов, могут быть переданы в Microsoft Excel для дальнейшей обработки

Литература

1. **Christian Screen, Haroun Khan, Adrian Ward** Oracle Business Intelligence Enterprise Edition 11g: A Hands-On Tutorial, Packt Publishing,2012-196с.
2. **Larissa T. Moss** Business Intelligence Roadmap: The Complete Project Lifecycle for Decision-Support Applications Mass Market Paperback,2012-226с.

Секция 20
НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ
И ДИАГНОСТИКА

Руководитель секции: Лунин Валерий Павлович
Секретарь секции: Барат Вера Александровна

В.К. Авагян, студент (МЭИ, Москва); рук. Е.Г. Базулин, д.т.н., проф. (НПЦ «ЭХО+», Москва)

ПРИМЕНЕНИЕ КОДОВ КАСАМИ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ УРОВНЯ ШУМА ИЗОБРАЖЕНИЯ ОТРАЖАТЕЛЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АНТЕННЫХ РЕШЁТОК

В ультразвуковом контроле применяются дефектоскопы формирующие изображения отражателей методом цифровой фокусировки антенной (ЦФА) [1]. Для повышения разрешающей способности и уменьшения уровня шума антенную решётку (АР) перемещают вдоль оси X, восстанавливают для каждого положения АР ЦФА-изображения и когерентно их складывают. Излучение сложных сигналов с их последующим сжатием приводит к дополнительному повышению отношения сигнал/шум. Сложные зондирующие сигналы можно сформировать на основе псевдо-ортогональных последовательностей, например, кодовых наборов Касами, которые используются в технологии CDMA [2, 3]. Для уменьшения уровня «боковых лепестков» после сжатия, каждому элементу АР приписывается уникальный зондирующий сигнал из кодового набора. На рис. 1 показаны изображения отверстий бокового сверления в образце толщиной 210 мм из никельсодержащего сплава для одного положения АР (а), суммы 20 ЦФА-изображений (б) при использовании простого сигнала и суммы 20 ЦФА-изображений при использовании кодов Касами длиной 15 (с). Отношение сигнал/шум для трёх изображений можно оценить, как 2, 15 и 24 дБ.

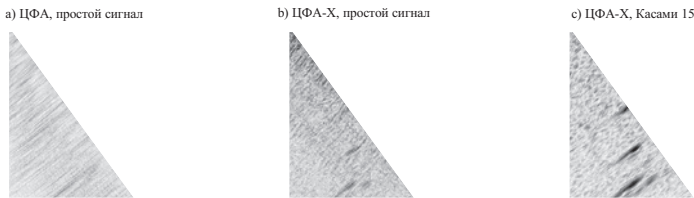


Рисунок 1. Изображения отверстий диаметром 4 мм у дна образца, восстановленные на поперечной волне (линиями чёрного цвета показаны дно и контуры отверстий)

Литература

1. Воронков В.А., Воронков И.В., Козлов В.Н., Самокрутов А.А., Шевальдыкин В.Г. О применимости технологии антенных решеток в решении задач ультразвукового контроля опасных производственных объектов // В мире неразрушающего контроля. 2011. №1 (51), с. 64-70.
2. Kasami T. Weight Distribution Formula for Some Class of Cyclic Codes // Tech. Report No. R-285, Univ. of Illinois. 1966. April.
3. Bazulin A., Bazulin E. Increasing ultrasonic array data acquisition rate through the use of Kasami codes and the maximum entropy method // Applied Physics Research. 2016. Vol 8, №1. P. 47-63. DOI: 10.5539/apr.v8n1p47

Е.А. Славинская, асп.; рук. И.В. Терехин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ МЕТАЛЛА В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ МОДУЛЯЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Сегодня основным подходом к определению уровня металла в кристаллизаторах при непрерывной разливке стали является косвенный метод вихревых токов. Вихретоковый преобразователь (ВТП) регистрирует сигнал от изменения электропроводности стенки кристаллизатора вследствие нагрева изнутри. При быстрых изменениях уровня косвенные измерения отличаются динамической погрешностью, которая усугубляется при толщине стенки более 20 мм. Это явление порождает неустойчивость в работе системы стабилизации и искажает информацию о фактическом уровне металла. Одним из источников динамической погрешности является шлакообразующая смесь (ШОС), которая необходима для повышения качества заготовок [1]. В отсутствие априорной информации о поведении ШОС внутри кристаллизатора затруднительно выработать универсальную методику, позволяющую компенсировать ее влияние на динамику электромагнитных процессов в стенке. Таким образом, измерение уровня металла напрямую может существенно улучшить динамические свойства ВТП. Полезным сигналом при прямом контроле является сигнал, вносимый появлением жидкого металла в кристаллизаторе. Однако прямой контроль осложняется тем, что доступ ВТП к объекту контроля экранирован медной стенкой кристаллизатора, поэтому выделить полезный сигнал трудно из-за его малой величины.

Одним из возможных способов реализации прямого контроля является модуляционный метод, который основан на регистрации вихретоковых сигналов, вызванных вертикальными перемещениями зеркала металла относительно стенок кристаллизатора из-за механизма качаний кристаллизатора. Зеркало металла качается в среднем с частотой 3-4 Гц, что значительно быстрее одновременно протекающих переходных тепловых процессов в меди.

В рамках исследования спроектирован накладной ВТП для применения модуляционного метода контроля уровня в кристаллизаторе с толщиной стенки от 20 мм. Полезный сигнал разработанного ВТП составляет не менее 10 мкВ.

Литература

- 1. Смирнов А.Н., Куберский С.В., Штепан Е.В.** Непрерывная разливка стали: Учебник. - Донецк: ДонНТУ, 2011. - 482 с.

И.В. Мищенко студ., рук. Д.В. Чернов, асс. (НИУ «МЭИ»)

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЛОКАЦИИ ИСТОЧНИКОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Актуальной задачей технической диагностики является выявление развивающихся дефектов на ранней стадии процесса накопления повреждений. Для оценки фактического состояния технических устройств необходимо определить местоположение развивающихся дефектов и оценить степень их опасности. Одним из возможных решений поставленной задачи является применение акустико-эмиссионного (АЭ) метода неразрушающего контроля, основанного на генерации упругих волн при структурных изменениях материала [1]. Традиционным способом определения местоположения источника АЭ является построение локационной картины по значениям групповой скорости и разности времен прихода (РВП) импульсов АЭ [2]. Несмотря на простоту применения стандартного алгоритма, его точность напрямую зависит от формы акустического сигнала и предварительных настроек измерительной аппаратуры.

Разработка способа повышения точности координатной локации осуществлялась в рамках проведения серии лабораторных экспериментов по имитации импульсов АЭ в стальной пластине размером 950x450x7 мм. В качестве имитатора акустических сигналов был выбран металлический шар диаметром 1 мм, при упругом соударении которого с поверхностью пластины регистрировались импульсы АЭ амплитудой от 35 до 98 дБ. Регистрация импульсов АЭ осуществлялась при помощи системы Vallen AMSY-6, с подключенными преобразователями VS 150-RIC.

В процессе применения стандартного алгоритма локации импульсов АЭ, возникающих при упругом ударе шара о поверхность пластины, значение относительной погрешности достигало 21,5%. Для снижения погрешности координатной локации разработана методика уточнения параметра РВП, основанная на аппроксимации переднего фронта импульса АЭ степенной зависимостью, параметры которой выбирались исходя из времени нарастания, количества выбросов, а также крутизны переднего фронта. Применение разработанного подхода привело к снижению погрешности координатной локации до 9,7%.

Литература

- 1. Иванов В.И., Власов И.Э.** Метод акустической эмиссии. Неразрушающий контроль: Справочник; В 7 т. Под общ. ред. В.В.Клюева. Т. 7. Кн. 1. М.: Машиностроение. 2005, – 340 с
- 2. ПБ 03-593-03** Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов

Р.А. Гаврилов, студ.; рук. Д.В. Тимофеев, к.т.н., вед.инж. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АДАПТАЦИИ ПАРАМЕТРОВ
ЗОНДИРУЮЩЕГО СИГНАЛА И ПАРАМЕТРОВ
ОБРАБОТКИ ПРИНЯТОГО СИГНАЛА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
УЛЬТРАЗВУКОВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ
ИЗДЕЛИЙ ИЗ СЛОЖНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ.**

При проведении ультразвукового (УЗ) неразрушающего контроля (НК) изделий из сложноструктурных материалов (бетон, чугун, полимерные композиционные материалы) возникает ряд проблем, требующих решения для повышения чувствительности, разрешающей способности, отношения уровня полезного сигнала к уровню белого шума/уровню структурной помехи.

Разработанный в МЭИ адаптивный многофункциональный программно-аппаратный измерительный комплекс УЗ НК [1] позволяет в процессе анализа временных параметров принятого сигнала и его частотных представлений, адаптировать параметры зондирующего сигнала под характеристики используемого УЗ пьезоэлектрического преобразователя и под характеристики контролируемой среды:

- выбирать тип зондирующего сигнала: ударное возбуждение, радиоимпульсный сигнал, фазоманипулированные (ФМ) сигналы Баркера/Голея/Хаффмена, частотно-модулированный (ЧМ) сигнал, Сплит-сигнал;
- подстраивать параметры зондирующего сигнала: частоту и длительность радиоимпульсного сигнала, частоту несущей и количество периодов несущей в элементе двоичного кода ФМ сигнала, среднюю частоту, девиацию и длительность ЧМ сигнала и Сплит-сигнала, количество квазигармоник Сплит-сигнала.

При анализе временных параметров сигнала комплекс позволяет применять дополнительные виды обработки принятого сигнала и представлять результаты в различной форме: оптимальная фильтрация и детектирование принятого сигнала, расчет спектра и мгновенного спектра, двумерного поля коэффициентов взаимной корреляции, программирование последовательности обработок принятого сигнала.

В докладе рассматриваются методы комплексного применения вышеприведенных возможностей и приводятся численные данные и графическое представление достигнутых результатов.

Литература

1. Ультразвуковая адаптивная многофункциональная дефектоскопия / В.К. Качанов, В.Г. Карташев, И.В. Соколов, Р.В. Концов, М.Б. Фёдоров. - М.: Издательский дом МЭИ, 2015. - 175 с.

А. А. Кальщикова, аспирант (НИУ «МЭИ»)

ФАЗОЧАСТОТНАЯ КОРРЕКЦИЯ СИГНАЛОВ В ЗАДАЧАХ ЛОКАЦИИ ОБЪЕКТОВ В СРЕДАХ С ДИСПЕРСИЕЙ

В задачах неразрушающего контроля широко распространён метод обнаружения дефектов основанный на принципах импульсного локатора. Во многих случаях исследуемый объект представляет собой волноводную систему (например, трубопровод, пластина или рельс), в связи с чем фазовая скорость в такой среде не постоянна в полосе рабочих частот. При этом зондирующий импульс (ЗИ) распространяется вдоль оси oZ пропорционально $\exp(ik(\omega)z)$, где $k(\omega) \in \mathbb{R}$ нелинейно зависит от частоты. Таким образом огибающая ЗИ может претерпевать значительные искажения, в следствии чего снижается вероятность верного обнаружения дефектов при постоянном уровне ложных тревог.

Существующие методы фазовой коррекции на основе КИХ-фильтра, предложенные в работах [1-2], ограничены случаем, когда заранее известны фазовые искажения, вносимые в огибающую ЗИ, т. е. если априорно известна длина траектории ЗИ. Предлагается использовать априорную информацию о волновом коэффициенте распространения, для синтеза адаптивного КИХ-фильтра, обобщив его на случай неизвестной длины траектории ЗИ. Также, в частном случае, для волнового коэффициента вида

$k(\omega) \in \sqrt{\omega^2 - \omega_{кр}^2}$ рассматривается алгоритм согласованной фильтрации

принятого сигнала в частной области с учётом влияния фазовой нелинейности среды распространения.

Примером такой системы может быть контроль магистральных трубопроводов, которые подвержены различным видам дефектов от внутренних и внешних коррозий, эрозий и трещин. Утечки сырья, распространяющегося по трубопроводу, могут принести большой ущерб для окружающей среды, особенно при транспортировке газа, нефти или других химических веществ.

Предложенный метод фазовой коррекции сигналов, распространяющихся в средах с дисперсией, можно применять не только в задачах контроля трубопроводов, но и для любой волноводной системы для которой можно априорно получить волновой коэффициент распространения $k(\omega)$ экспериментально, моделированием или аналитическими методами.

Литература

1. **J. L. Volakis, J. D. Young.** Phase linearization of a broadband antenna response in time domain. IEEE Antennas and propagation, vol. 30, № 2, 1982.
2. **T. Xu, G. Jacobsen.** Chromatic dispersion compensation in coherent transmission system using digital filters. Optics express, vol. 18, № 15, 2010.

*С.А. Федоренко, инженер;
рук. В.К. Качанов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

ЗАВИСИМОСТЬ КОРРЕКТИРУЮЩЕГО КОЭФФИЦИЕНТА ОТ КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА ПРИ КОНТРОЛЕ КОМПАКТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ БЕТОНА В ИМПАКТ-ЭХО МЕТОДЕ

Импакт-эхо метод - акустический метод неразрушающего контроля [1]. Его принцип действия основывается на анализе собственных частот контролируемого изделия. Широко используемый в толщинометрии в большинстве развитых стран он позволяет достоверно измерять изделия двух типов: сваю и плиту. Такие изделия можно назвать протяженными, то есть у них контролируемый габарит либо много больше других габаритов (свая), либо много меньше (плита). Основной погрешностью импакт-эхо метода является геометрическая дисперсия скорости звука [2], которая компенсируется с помощью специально введенного корректирующего коэффициента β [1]. При этом сам коэффициент β зависит от коэффициента Пуассона. Для протяженных изделий такая зависимость известна, так как у них корректирующий коэффициент постоянен [3]. Помимо протяженных изделий, в импакт-эхо методе можно выделить и компактные. У таких изделий измеряемый габарит сопоставим по размеру с двумя другими. Компактные объекты характеризуются ярко выраженной геометрической дисперсией [2], что способствует значительному изменению у них корректирующего коэффициента.

С практической точки зрения наиболее актуальны компактные объекты квадратного поперечного сечения. Об изменении корректирующего коэффициента у таких компактных объектов было рассказано ранее [4]. В настоящей работе исследуется зависимость данного изменения от коэффициента Пуассона.

Литература

1. **Sansalone M., Streett W.B.** Impact-Echo: Nondestructive Testing of Concrete and Masonry, Bullbrier Press, Jersey Shore, PA., 1997.
2. **Шутилов В.А.** Основы физики ультразвука: Учеб. пособие. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1980.
3. **Carino N.J.** Impact Echo: The Fundamentals, NDTCE 2015 Session: Ultrasound & Surface Waves, 15-17 September 2015, Berlin, Germany.
4. **Федоренко С.А.** Толщинометрия компактных строительных конструкций из бетона с помощью импакт-эхо метода / В.К. Качанов, С.А. Федоренко, Г.М. Деликов // Тезисы докладов – МЭИ, Москва: 24-ая Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». – 2018. – С. 338.

V. Koshelnikov, stud. (MPEI); Dr.-Ing. S. Braeunig, M. Sc. Moritz Scharff (Technische Universität Ilmenau, Ilmenau, Germany), Prof. V. P. Lunin (MPEI)

A METHOD OF EXTRACTING CHARACTERISTIC FEATURES OF AN ARTIFICIAL TACTILE WHISKER SENSOR SIGNAL

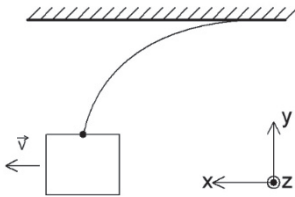
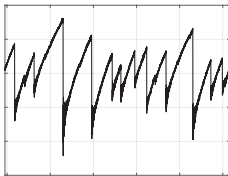


Fig. 1 Scheme of the functional principle of the whisker sensor



With the help of this sensor

Fig. 2 Example of data array from whisker sensor

A widely topical field of research in biomechatronics is the implementation of artificial sensor systems based on their biological model, e.g. tactile whisker sensors. In this paper the motivation for that work is desire to represent biological system with help mechanical sensor. It is interesting for engineers because that sensor can

provide a lot of information about surface characteristic such as texture, friction coefficient and roughness when visibility conditions do not allow to see an object such as hazardous environments containing smoke or dust, or in darkness where there is a need to operate covertly.

In the laboratory of the TU Ilmenau a whisker sensor was developed which converts a mechanical effect on a vibrissae into an electrical signal. The example of sensor readings are shown in Figure 2.

As result of the work we discovered some characteristic feature. This can be used to estimate the surface roughness, the friction coefficient and the surface profile.

Literature

1. **Lukas Merker, Moritz Scharff, Klaus Zimmermann and Carsten Behn** Signal Tuning of Observables at the Support of a Vibrissa-like Tactile Sensor in Different Scanning Scenarios // 7th IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics pp [1138-1143], 2018

Г. С. Алексеенкова, студ.; рук. С. А. Янченко, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

ДИАГНОСТИКА ВНУТРЕННИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТРАНСФОРМАТОРА НА ОСНОВЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

Силовой трансформатор является одним из самых важных и дорогостоящих элементов системы электроснабжения. Поэтому необходимо применять простые, надежные и точные методы диагностирования текущего состояния, обнаружения зарождающихся неисправностей и оценки остаточного ресурса силовых трансформаторов.

Наиболее распространенным и общепринятым подходом к обнаружению деформаций в обмотках и магнитопроводе трансформатора является анализ частотной характеристики его сопротивления. Основными недостатками этого метода являются необходимость выведения исследуемого трансформатора из работы и неточности, связанные с графическим анализом данных. Поэтому недавно была предложена простая методика обнаружения внутренних неисправностей трансформатора без отключения [1], которая основана на учете корреляции между разностью мгновенных значений входных и выходных напряжений ($\Delta V = v_1(t) - v_2(t)$) и входного тока ($I = i(t)$) конкретной фазы.

Для точного воспроизведения реальной работы трансформатора при различных механических деформациях обмотки авторами была разработана трехмерная модель конечных элементов, представленная на рис.1.

Моделирование выполнялось с использованием программного пакета конечных элементов Ansys

Maxwell. В ходе работы было исследовано влияние уровня деформации на гармонический состав выходных параметров трансформатора.

Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего изучения перспективного метода диагностики трансформаторов без отключения.

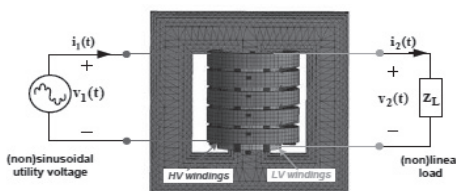


Рис.1. Трехмерная модель конечных элементов

Литература

1. Ali S. Masoum, Naser Hashemnia, A. Abu-Siada, Mohammad A.S. Masoum, Syed M. Islam. Online Transformer Internal Fault Detection Based on Instantaneous Voltage and Current Measurements Considering Impact of Harmonics.

М.С. Доброклонская, студ.; рук. В.П. Лунин, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАДАЧИ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ ТРУБ

В настоящее время основным требованием к объектам атомной энергетики является обеспечение их безопасности. Одним из основных элементов первого контура реакторной установки типа ВВЭР является парогенератор (ПГ). Самым проблемным узлом парогенератора, определяющим фактический срок службы ПГ, являются теплообменные трубы (ТОТ). Деградация стенок ТОТ приводит к образованию протечек, что представляет угрозу радиоактивного заражения. На российских АЭС для контроля ТОТ получил распространение вихретоковый многочастотный метода контроля с использованием проходного зонда.

Перед введением методики контроля в практику необходимо провести множественные численные расчеты на трехмерных моделях различных ситуаций, сопровождающих процедуру ВТК [1]. При этом важно, чтобы соответствующая программа анализа процесса контроля не требовала серьезных вычислительных и временных затрат.

Целью настоящей работы является совершенствование технологии разработки конечноэлементной модели процедуры вихретокового контроля. Исследование проводится для стандартной калибровочной трубки, имеющей внешнюю и внутреннюю проточки и серию отверстий различной глубины и диаметра. На практике для этой трубки с дефектами известных геометрических параметров получают соответствующую калибровочную характеристику. Для процедуры ВТК такой трубки в работе созданы удобные и практичные модели, сокращающие время расчета и требуемую память по сравнению с «классическим» подходом. Этот эффект достигается путем внимательного выбора граничных условий области решения и учета особенностей распределения конечных элементов в критических областях при построении расчетной сетки для трехмерной модели ТОТ [2]. Достоверность численных исследований подтверждена высокой точностью совпадения результатов расчета с экспериментальными данными.

Литература

1. Лунин В.П., Жданов А.Г. Модельные исследования процедуры вихретокового контроля теплообменных труб парогенераторов АЭС; Издательство МЭИ 2015

2. Rosell A., Persson G. Modelling of a Differential Sensor in Eddy Current NonDestructive Evaluation, COMSOL CONFERENCE 2011 — Stuttgart

М.С. Доброклонская, студ.; рук. В.П. Лунин, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ И РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИНЫ НА ОЦЕНКУ ЕЕ ГЛУБИНЫ

Опыт эксплуатации АЭС с реакторами ВВЭР показывает, что наиболее актуальными являются вопросы коррозии теплообменных труб (ТОТ) парогенераторов (ПГ). Среди различных коррозионных повреждений чаще всего встречаются трещины, чреватые разгерметизацией ТОТ, что приводит к радиоактивному загрязнению. Заключение о повреждении ТОТ требует срочной заделки отдельных труб, либо, при большом количестве заглушенных труб, замены ПГ. Первое влечет снижение мощности энергоблока, а второе - огромные расходы материальных ресурсов. Ошибочная оценка результатов контроля делает затраты неоправданными. На сегодняшний день основным методом контроля ТОТ парогенераторов является вихретоковый многочастотный метод (ВТК).

Основным параметром, по величине которого принимается решение о необходимости глушения, является глубина дефекта. Классический подход к определению глубины диктуется калибровочной характеристикой по фазе годографа сигнала. Поэтому очень важно при оценке глубины трещины учитывать возможные отклонения, обусловленные изменением длины, формы и раскрытия контролируемой трещины.

В настоящей работе проведено исследование влияния геометрических параметров трещины на изменение фазы годографа сигнала по результату ВТК ТОТ [1]. За основу взята известная калибровочная характеристика для отверстия глубиной 50% от толщины стенки трубки ПГ. Данные получены экспериментально и подтверждены моделированием. Исследование проводилось путем моделирования процесса ВТК ТОТ в среде COMSOL Multiphysics [2]. Изменением раскрытия трещины (от 0,1 до 1,2 мм), а также ее длины (от 2,0 до 10,0 мм) и формы при фиксированной глубине 50% от толщины стенки, удалось получить оценку соответствующего изменения фазы годографа. Учет этой оценки позволит более внимательно подходить к решению вопроса о глушении трубы с несквозными дефектами, не дожидаясь возникновения течи, а также уменьшит количество ТОТ, которые подлежат глушению.

Литература

1. Лунин В.П., Жданов А.Г. Модельные исследования процедуры вихретокового контроля теплообменных труб парогенераторов АЭС; Издательство МЭИ 2015

2. Rosell A., Persson G. Modelling of a Differential Sensor in Eddy Current NonDestructive Evaluation, COMSOL CONFERENCE 2011 — Stuttgart

*Е.В. Гарнышова, студ.; рук. Е.В. Измайлова, к.т.н., доц.
(КГЭУ, Казань)*

КОНТРОЛЬ ТОЛЩИНЫ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕПЛООБМЕННОМ ОБОРУДОВАНИИ

Потери энергии из-за отложений солей и продуктов коррозии на поверхностях нагрева теплообменных аппаратов можно снизить путем своевременной очистки внутренних поверхностей. Для этого необходимо иметь доступную методику для контроля толщины отложений.

Наличие отложений изменяет толщину, массу поверхностей теплообмена и, следовательно, собственные частоты колебаний. Имея «акустический паспорт» изделия, зная текущие частоты колебаний контролируемых поверхностей, можно определить толщину отложений.

В качестве модели поверхности теплообмена использовалась стальная пластина (400x160x2 мм) без осадка и с разной толщиной отложений.

Для проведения экспериментальных исследований влияния толщины отложений на частоты колебаний был создан лабораторный стенд (рис.1,2), состоящий из систем регистрации и обработки сигналов.



Рис. 1. Блок-схема стенда



Рис. 2. Фотография стенда

В систему регистрации входит устройство закрепления исследуемой пластины. Возбуждение колебаний пластины осуществляется механическим ударником маятникового типа. После возбуждения колебаний изделия аналоговый сигнал с датчика колебаний поступает на вход АЦП. Полученный цифровой сигнал записывается в виде файла на жесткий диск компьютера. В качестве датчика колебаний применялся микрофон. При исследовании акустических характеристик с каждым типом пластины проводилось десятикратное определение частот собственных колебаний пластины. После серии экспериментов на пластину наносился слой отложений, исследования повторялись.

Полученные результаты показали, что наличие отложений на поверхности пластины существенно изменяет ее спектр собственных колебаний в диапазоне от 20 Гц до 10 кГц.

Метод собственных колебаний позволяет контролировать толщину отложений на поверхностях теплообменного оборудования.

V. Avagyan, stud. (MPEI), Dr.-Ing. S. Braeunig, (Technische Universität Ilmenau, Ilmenau, Germany), Dipl.-Ing. T. Helbig, (Technische Universität Ilmenau, Ilmenau, Institute of Micro- and Nanotechnologies IMN MacroNano, Institute for Life Sciences Technologies LisZTec, Germany), Prof. V. P. Lunin (MPEI)

PROCESSING AND CLASSIFICATION OF EMG DATA OF M. BICEPS BRACHII FOR CONTROL TASKS USING A MYOWARE™ OPEN SOURCE SENSOR SYSTEM

The detection and classification of Electromyography (EMG) [1, 2] signals is important especially in the field of biomedical engineering. The use of EMG signals in different control systems (e.g. in the rehabilitation of motor disability) gains more and more interest. Therefore, a robust detection and identification of control parameters in real life environments is needed.

This paper presents methods to analyze and process EMG signals of *M. biceps brachii* during predefined tasks recorded by a MYOWARE™ open source sensor system. Figure 1 shows the EMG sensor data obtained by bending the arm to (a) 90 degrees and (b) to 45 degrees. The amplitude of the signal is different in both cases, but the general trend of the waveform is maintained. The graphs indicate points characterizing three main signal regions: 1 – signal changes occurring before muscle activation; 2 – signal changes occurring during muscle activity; 3 – signal changes occurring during muscle relaxation. To be used as control parameter robust signal characteristics or ways of filtering – independent of task or the exact positioning of the sensor – have to be found.

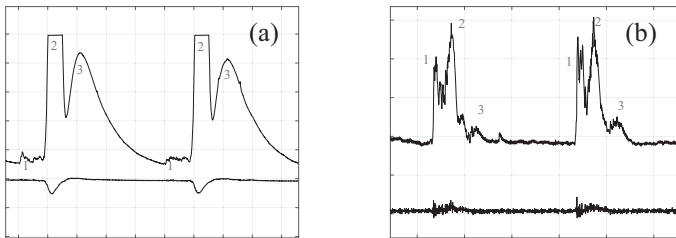


Figure 1. EMG sensor data - raw (lower line) and preprocessed (upper line) signal when bending the arm (a) 90 degrees, (b) 45 degrees.

References

1. Shahid S. Higher Order Statistics Techniques Applied to EMG Signal Analysis and Characterization. Ph.D. thesis, University of Limerick; Ireland, 2004.
2. Basmajian JV, de Luca CJ. Muscles Alive - The Functions Revealed by Electromyography. The Williams & Wilkins Company; Baltimore, 1985.

S. Osipov, stud. (MPEI); Dr.-Ing. S. Braeunig, M. Sc. Jan Marc Otterbach (Technische Universität Ilmenau, Ilmenau, Germany), Prof. V. P. Lunin (MPEI)

DESIGNING A NEURAL NETWORK TO DETECT DEFECTS IN LAYERED MATERIALS

Currently, there is a huge number of devices and machines that need to be timely checked for defects and failures. Basically, the operator performs the detection of defects. For automatic registration of a defect form without human intervention, it is proposed to use a neural network.

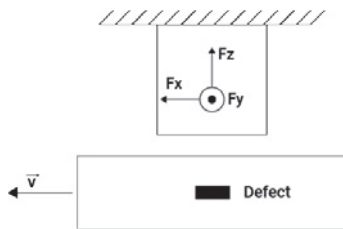


Fig. 1 Scheme of the measurement principle

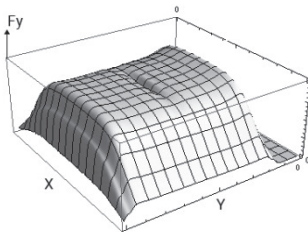


Figure 2 shows the model defect registered by force

Defect identification will be carried out by the contactless method, measuring the value of the Lorentz force. The interaction between the eddy currents and the magnetic field, creating the Lorentz force, which acts on the specimen. Figure 1 illustrates the measurement principle with the moving specimen and the fixed sensor system. A force sensor attached to the magnet captures the value of the Lorentz force along three axes: X, Y, and Z.

A series of experiments were carried out with such defect parameters as depth and shape. Using the Wolfram Mathematica mathematical package, 3D defect models were constructed with different axial components of the Lorentz force (F_x , F_y ,

Figure 2 Three-dimensional view of the measured force of the Y-component

component F_y .

Using the display of the defect in three coordinates, a neural network has to be designed, allowing you to accurately determine the shape of the defect.

Literature

1. **Stephen Wolfram** An elementary introduction to the Wolfram language. 2017

А.В. Алехина, студ.; рук. В.А. Барат, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

Верификация локально-динамического критерия акустической эмиссии для малоуглеродистых сталей

Акустико-эмиссионный контроль основан на явлении генерации упругих волн в результате выброса энергии из локальных источников в структуре материала. Основными источниками эмиссии в материалах являются дефекты, такие как трещины, стресс-коррозия или расслоения. Метод акустической эмиссии имеет ряд преимуществ перед другими методами НК. Основными преимуществами акустико-эмиссионного контроля являются возможность диагностирования всего объекта за один цикл, возможность регистрации развивающихся дефектов, также метод не чувствителен к геометрии объекта контроля.

Акустико-эмиссионный контроль позволяет проводить оценку степени опасности дефектов по шкале от 1 до 4, от пассивного не опасного дефекта до катастрофически опасного. Одним из наиболее распространенных критериев оценки степени опасности дефектов является локально-динамический критерий, основанный на соотношении Данегана [1], устанавливающим степенную зависимость между суммой импульсов акустической эмиссии и параметром нагружения, критериальной оценкой является показатель степенной зависимости.

В данной работе для верификации локально-динамического критерия основывается на анализе экспериментальных данных, полученных при нагружении образцов с усталостными трещинами в соответствии с ПБ 593-03 [2] и с применением метода акустической эмиссии. Локально-динамический критерий анализировался в зависимости от коэффициента интенсивности напряжений в вершине трещины с учетом микроструктуры образца. В результате были уточнены диапазоны изменения критериального параметра для дефектов различной степени опасности.

Литература

1. **Иванов, В.И.** Неразрушающий контроль. Справочник в 7 т. под ред. В.В. Клюева. Т. 7. Книга 1. Метод акустической эмиссии/ В. И. Иванов, И.Э. Власов. – Москва: Машиностроение, 2005. - 828 с.
2. **Субботин, А.И.** Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов ПБ 593-03/ А.И. Субботин, А.А. Шаталов. Госгортехнадзор России, 2003. – 26 с.

В.В. Измайлов, Е.В. Гарнышова, студенты; рук. Е.В. Измайлова, к.т.н., доц. (КГЭУ, Казань)

ЗАВИСИМОСТЬ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА ОТ ТОЛЩИНЫ ОСАДКА

Для выявления зависимости толщин отложений на теплообменных поверхностях от их частот колебаний был использован пакет программ «ANSYS». Проведено моделирование частот колебаний металлической пластины (рис. 1) длиной 400 мм, шириной 160 мм, толщиной 2 мм, заземленной по периметру без осадка и с разной толщиной отложений (0,25, 0,5, 0,75, 1., 1,25, 1,5, 1,75, 2 мм).

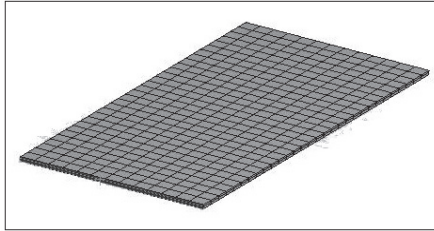


Рис. 1. Модель пластины

На рисунке 2 показаны графики зависимости толщины отложений от частоты колебаний пластины.

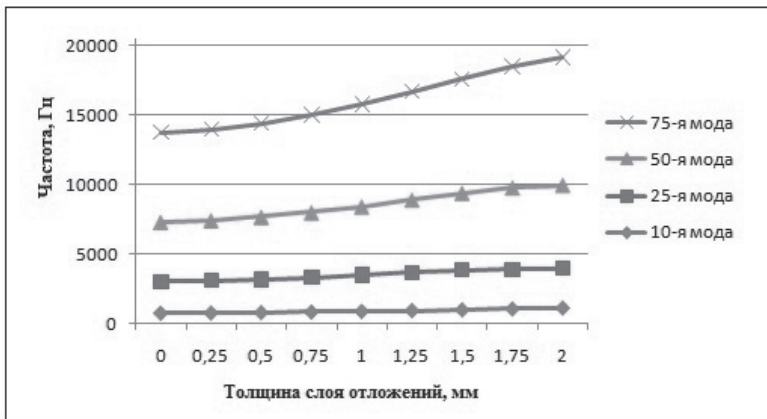


Рис. 2. Результат моделирования пластины с разными слоями отложений

По полученным данным можно сделать вывод, что, чем толще слой отложений, тем выше частота колебаний пластины.

Если контролировать состояние теплообменных поверхностей неразрушающим методом контроля, то можно минимизировать негативный эффект от образования отложений.

*С.В. Лебедев, уч.мастер 1 кат.; Р.В. Концов, инженер 1 кат.;
Д.С. Колюх, студент; рук. В.К. Качанов, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШАГА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ НА РЕЗУЛЬТАТ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТОМОГРАФИИ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

При ультразвуковой (УЗ) томографии строительных бетонных конструкций в процессе зондирования формируется УЗ сигнал, отраженный от совокупности неоднородностей, таких как арматура и заполнитель. Такой сигнал называют структурным шумом (СШ). При вычислении томограммы алгоритмами цифровой фокусировки СШ приводит к появлению на томограмме помеховых сигналов, которые могут быть приняты за полезный сигнал от дефекта или границы раздела сред. Кроме того, на результат томографии оказывает влияние качество поверхности (в том числе наличие дефектов на поверхности). Все это приводит к уменьшению достоверности результатов УЗ томографии строительных бетонных конструкций.

Для увеличения достоверности томографии необходимо проводить сканирование при нескольких положениях антенной решетки (АР) томографа в окрестности контролируемой зоны с последующим вычислением томограмм. Увеличить достоверность томографии можно, вычисляя одну УЗ томограмму по совокупности сигналов, полученных при различном положении АР. При этом необходимо выбрать шаг и траекторию перемещения АР по поверхности объекта контроля исходя из характеристик материала объекта контроля и топологии АР.

В докладе приводятся примеры увеличения отношения полезного сигнала на томограмме к сигналам помехи, обусловленным отраженными УЗ сигналами от структурных неоднородностей материала путем построения томограммы по совокупности сигналов, полученных при сканировании АР с перемещением. На основе натурального эксперимента анализируется влияния шага перемещения АР на результирующую томограмму, в условиях ограниченного количества парциальных сканирований.

Литература

- 1. В.К. Качанов, В.Г. Карташев, И.В. Соколов, Концов Р.В., Л.В. Воронкова, Е.В. Шалимова.** Структурный шум в ультразвуковой дефектоскопии/ – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. -186с.
- 2. В.Г. Карташев, В.К. Качанов, И.В. Соколов, Р.В. Концов, А.С. Фадин.** Выбор шага антенной решетки при ультразвуковой томографии материалов с неоднородной структурой. // Дефектоскопия, 2018. №4. С.3-11.

В.В.Первушин, аспирант ; рук. В.К.Качанов, д.т.н, проф.; (НИУ "МЭИ")

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ МГНОВЕННОГО СПЕКТРА ПРОШЕДШИХ ЧЕРЕЗ ИЗДЕЛИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ

Приведены результаты ультразвуковых (УЗ) исследований, проведенных с целью обнаружения степени различия структуры композитных материалов в трёх цилиндрических образцах, выполненных из полимерного композиционного материала с различным содержанием одной из компонент. С помощью известных акустических методов структуроскопии, основанных на измерении скорости УЗ колебаний (УЗК) и затухания УЗ сигналов в теновом режиме на частоте 1МГц определялась скорость и затухание УЗК. Анализ прошедших через изделия УЗ сигналов продольного типа волны показал, что задержка сигналов для всех образцов одинакова, амплитудные спектры прошедших через изделия сигналов столь похожи между собой, что не позволяют выявить какие-либо особенности материалов. Тем самым, с помощью традиционного временного и частотного представления сигналов не удалось установить различие в структуре материалов трех образцов. Вместе с тем, измерение скорости поперечных УЗК показало различие в скоростях, что говорит о наличии существенных различий в физико-механических характеристиках исследуемых материалов.

Так как известные методы УЗ структуроскопии не позволили получить полную информацию о структуре материала, то для более детального анализа акустических свойств изделий исследовались мгновенные спектры УЗ сигналов [1]. Сравнительный анализ мгновенных спектров позволил сделать вывод о том, что затухание УЗК в образцах увеличивается с ростом номера образца. Кроме того, на мгновенных спектрах присутствуют по несколько частотно-временных отметок с возрастающей задержкой и уменьшающейся шириной спектра. Их наличие объясняется переотражениями сигналов на неоднородностях структуры. Соединив вершины спектральных комплексов плавной пунктирной линией, можно сделать вывод об экспоненциальном характере затухания многократных переотражений. По измеренным параметрам экспонент возможно дать количественную оценку затуханию акустического сигнала, по которой можно судить о количественных изменениях физико-механических характеристик структуры.

Литература

1. Качанов В.К., Карташев В.Г., Соколов И.В., Шалимова Е.В. Методы обработки сигналов в ультразвуковой дефектоскопии / М.: Издательский дом МЭИ, 2010. -220с. ISBN 978-5-383-00521-7

*В.В. Саранцев, студ.; рук. С.А. Образцов, к.т.н., доц.
(Филиал МЭИ в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА УЛЬТРАЗВУКОВОГО РАСХОДОМЕРА ПРИРОДНОГО ГАЗА

Расходомеры представляют собой часть трубы с двумя или четырьмя пьезоэлементами (рис. 1). Принцип действия ультразвуковых расходомеров основан на измерении разницы во времени прохождения сигнала в направлении потока и против потока. При этом два пьезоэлемента, расположенные по диагонали напротив друг друга (рис. 1), функционируют попеременно как излучатель или как приёмник. В жидкостных расходомерах выбирают частоту излучения 1–10 МГц, в расходомерах газа – 100–250 кГц.

Пусть прохождение волны по движению потока происходит за время τ_1 , против потока τ_2 , тогда скорость потока составит

$$V = \frac{L}{2X} \cdot \frac{\tau_2 - \tau_1}{\tau_1 \tau_2}. \quad (1)$$

Это соотношение справедливо только при равномерном потоке, который на практике практически не наблюдается. Поскольку расходомер должен корректно работать в широком диапазоне расходов, необходимо учитывать распределение профиля скоростей потока, для чего производятся несколько измерений по различным хордам (рис. 2).

Средняя скорость потока рассчитывается как сумма скоростей, измеренных по хордам, с учетом весовых коэффициентов

$$\bar{V} = \sum_{i=1}^4 V_i(r_i)W_i, \quad (2)$$

где $W_1 = 0.1382$; $W_2 = 0.3618$; $W_3 = 0.3618$; $W_4 = 0.1382$.

Отсюда средний расход

$$Q = \bar{V} \cdot \frac{\pi D^2}{4}. \quad (3)$$

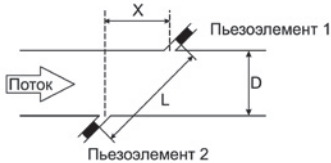


Рисунок 1 – Ультразвуковой расходомер

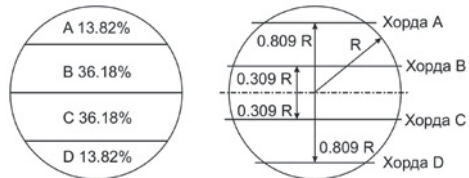


Рисунок 2 – Профиль скорости потока

Литература

1. Расходомеры и счетчики количества / П.П. Кремлевский. Л.: Машиностроение, 1989. – 701с.

В.В. Бардаков, асп.; рук. В.А. Барат, к.т.н., доц. (НИУ МЭИ)
**ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ПЕРЕАРМИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ**

Надежности и безопасности существующих инфраструктурных объектов (мосты, стадионы и т.д.) в последнее время уделяется все больше и больше внимания. Ко многим из подобного рода объектов предъявляют требования повышенной безопасности, поскольку они были построены еще во второй половине прошлого века и, в ряде случаев находятся в неудовлетворительном состоянии. Одним из ключевых конструктивных элементов данных конструкций, являются балочные железобетонные (ЖБ) элементы, подвергающиеся изгибным нагрузкам и, как следствие, нуждающиеся в оценке технического состояния.

Традиционно оценка технического состояния ЖБ конструкций осуществляется на основе периодического контроля. Однако периодический контроль не позволяет фиксировать резкие изменения в состоянии конструкции между осмотрами, является крайне трудоемким, а также имеет невысокую достоверность [1]. В связи с этим, актуальной задачей является проведение мониторинга подобного рода объектов. Перспективным методом, хорошо зарекомендовавшим себе для мониторинга промышленных объектов, является метод акустической эмиссии (АЭ).

Основным элементом любой системы мониторинга технического состояния, является наличие критериев, на основании которых, будет построена система принятия решений. Данная работа посвящена разработке критериев оценки состояния переармированных бетонных конструкций методом АЭ контроля. Актуальность темы исследования объясняется тем, что для переармированных конструкций, в отличие от конструкций с нормальным содержанием арматуры, разрушение носит внезапный характер, и не может прогнозироваться существующими методиками.

В ходе выполнения работы были проведены экспериментальные исследования по испытанию переармированных ЖБ балок на 3-х точечный изгиб циклически увеличивающейся нагрузкой, вплоть до разрушения. По результатам проведенных экспериментов был предложен метод, позволяющий на основании АЭ данных, выделять стадии, соответствующие различным техническим состояниям ЖБ конструкций, в том числе и 3 стадии напряженно-деформированного состояния.

Литература

1. Бардаков В. В., Барат В. А., Герентьев Д. А., Чернов Д. В., Осипов К. О. Особенности применения метода акустической эмиссии при мониторинге мостовых конструкций //Контроль. Диагностика. 2016 № 1 С. 32–39.

М.С. Садыков, студент (МЭИ, Москва); рук. Е.Г. Базулин, д.т.н., проф. (НПП «ЭХО+», Москва)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПРОДОЛЬНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ В ИЗОТРОПНОМ ОДНОРОДНОМ СВАРНОМ СОЕДИНЕНИИ

Если при проведении ультразвукового контроля когерентными методами не учитывать особые акустические свойства сварного соединения, то изображение отражателя, возможно, будет искажено, и, как следствие, будет неверно определён его тип и размер.

Определить скорость продольной ультразвуковой волны в сварном соединении можно, сравнивая измеренные эхосигналы и эхосигналы рассчитанные для заданной скорости в сварном соединении. Минимизируя целевую функцию (ЦФ), характеризующую близость измеренных и рассчитанных эхосигналов, можно определить скорость продольной ультразвуковой волны. Из-за множества локальных минимумов ЦФ, приходится находить решения для нескольких начальных точек [1]. Усреднение полученных решений и есть искомое значение скорости. Данный метод является довольно затратным по времени. Для поиска минимума ЦФ можно воспользоваться более простым способом. ЦФ рассчитывается на довольно грубом интервале возможных значений скорости. Для получения значений ЦФ на более мелкой сетке можно воспользоваться полиномиальной аппроксимацией. Её оптимальный порядок опережается по минимальной разнице между исходной и аппроксимированной функцией. Минимум аппроксимирующей функции и есть решение.

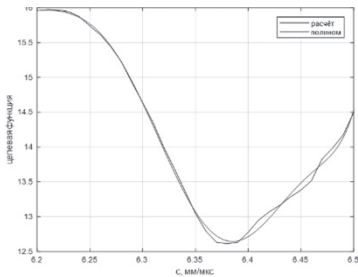


Рис. 1. Целевая функция и её аппроксимация для дюралюминиевого вкладыша

На Рис. 1 показана ЦФ функция полученная при имитации сварного соединения дюралюминиевым вкладышем на специальном стенде. Точность определения скорости продольной волны можно оценить, как 0,25% при порядке полинома от 5 до 8. В статье [1] была достигнута соизмеримая точность 0,32%.

Литература

1. Базулин Е.Г., Садыков М.С. Определение скорости продольной ультразвуковой волны в изотропном однородном сварном соединении по эхо-сигналам, измеренным двумя антенными решётками // Дефектоскопия. 2018. №5. С. 3-15.

*М.С. Садыков, студент (МЭИ, Москва); Н.С. Гаврев; рук. Е.Г. Базулин,
д.т.н., проф.
(НПЦ «ЭХО+», Москва)*

РАСЧЁТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРЕЛОМЛЕНИЯ И ОТРАЖЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ НА ПЛОСКОЙ ГРАНИЦЕ ДВУХ АНИЗОТРОПНЫХ СРЕД

Моделирование распространения и рассеяния ультразвуковых волн в объекте контроля позволяет уменьшить количество изготавливаемых испытательных образцов, что удешевляет стоимость разработки методик контроля. Для расчёта акустического поля в композитных сварных соединениях необходимо уметь определять углы отражения и преломления волны на границе двух анизотропных сред, а также рассчитывать коэффициенты отражения и преломления.

На первом этапе решения задачи определяются углы преломления и отражения для трёх типов волн. Для этого с помощью уравнения Кристоффеля [1] для сред падения и преломления для трёх типов волн рассчитываются поверхности фазовой медленности. На основании закона Снеллиуса для падающей на границу волны заданного типа определяются углы отражения и преломления, которые в диапазоне углов от -90 до 90 градусов могут быть комплексными. На втором этапе, используя информацию о рассчитанных углах и исходя из типа граничного условия (склеенная граница или граница со скольжением), составляется и решается уравнение из шести неизвестных коэффициентов отражения и преломления. На основе данного алгоритма написана программа. Её входными параметрами являются коэффициенты упругости и плотности анизотропных сред падения и преломления, ориентация границы, тип и направление падающей волны. Программа возвращает фазовые и групповые углы, позволяющие определить направления распространения отражённых и преломлённых волн, и шесть коэффициентов отражения и преломления.

О работоспособности программы свидетельствует совпадение результатов её расчёта для варианта двух изотропных сред с расчётом по известным формулам [2], совпадение с графиками для анизотропных сред, приведёнными в статье [3], и соблюдение закона сохранения энергии для всех углов падения.

Литература

1. **Петрашень Г.И.** Распространение волн в анизотропных упругих средах // Л.: Наука. 1980. 280 с.
2. **Бреховских Л.М.** Годин О.А. Акустика слоистых сред. М.: Наука, 1989. 416 с.
3. **Connolly G.D.** Modelling of the propagation of ultra-sound through austenitic steel welds, University of Lon-don, London, 2009

М.А. Левченко, студент; рук. Э.В. Кузнецов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

Моделирование в среде MatLab отображения профиля различных поверхностей методом эхолотации

История существования пакета MATLAB, название которого происходит от словосочетания Matrix Laboratory (матричная лаборатория) насчитывает уже более 30 лет. Можно считать, что развитие MATLAB «шло в ногу» с развитием средств вычислительной техники: от «больших» ЭВМ с маленькими интерактивными возможностями до настольных компьютеров. Несмотря на достаточно высокую скорость смены поколений вычислительной техники, пакет MATLAB успевал впитывать все наиболее ценное от каждого из них.

С помощью MATLAB можно анализировать данные, разрабатывать алгоритмы, создавать модели и приложения. Язык, инструментарий и встроенные математические функции позволяют исследовать различные подходы и получать решение быстрее, чем с использованием электронных таблиц или традиционных языков программирования, таких как C/C++ или Java.

MATLAB широко используется в таких областях, как:

- обработка сигналов и связь,
- обработка изображений и видео,
- системы управления,
- автоматизация тестирования и измерений,

В работе представлено теоретическое описание принципа работы радиолокатора, на основании которого была построена модель радиолокатора. В ходе построения различных поверхностей в среде MATLAB была выведена зависимость отображения профиля от вида смоделированной плоскости. На основе созданной программы путем изменения коэффициентов в модели локатора можно моделировать работу различных радиоволновых, инфракрасных, ультразвуковых дефектоскопов.

Литература

1. **Гультяев А.** Визуальное моделирование в среде Matlab. – Питер, 2000. – 89с.

А.А Данилова, студент; рук. М.Ю. Поляхов, доц. (НИУ «МЭИ»)

Проектирование робота-манипулятора для дефектоскопа

Неразрушающий контроль проводится с целью проверки надежности работы и сохранения рабочих свойств оборудования, зданий и объектов на опасных производственных объектах.

Не всегда контроль может быть произведен человеком; существует множество труднодоступных мест или же мест, в которых нельзя находиться человеку из-за неблагоприятной среды воздействия, например, в среде с повышенной ионизацией проникающих веществ. В современной дефектоскопии активно развивается область робототехники позволяющая проводить контроль в затрудненных или недоступных местах, таких как трубы маленького диаметра, объекты, находящиеся в зоне радиации. В настоящий момент существует целый класс роботизированных средств неразрушающего контроля, которые активно используются в промышленности.

В настоящее время на базе кафедры ЭИ НИУ «МЭИ» разрабатывается автоматизированный робот-манипулятор для магнитного контроля. В качестве основной элементной базы был выбран микроконтроллер Atmega8515 фирмы Atmel, выбранный за счет необходимого количества портов ввода/вывода и обладает достаточным быстродействием и объемом памяти для поставленной задачи. Робот оснащен автономным источником питания аккумуляторного типа, обеспечивающим бесперебойную работу в течение длительного времени. Робот-манипулятор способен перемещаться по определенной, заданной траектории. В качестве алгоритма объезда препятствия разрабатывается алгоритм, обеспечивающий поворот устройства, при обнаружении препятствия. Функция обнаружения препятствия реализуется с помощью инфракрасного датчика, который определяет расстояние до препятствия по методу триангуляции. Также реализован ряд алгоритмических решений, позволяющий оптимизировать траекторию объезда препятствия в зависимости от его формы.

Литература

1. **Поезжаева Е.В.** Промышленные роботы: учеб.пособие: в 3ч. / – Пермь: Изд-во Перм. гос. тех. ун-та, 2009. – Ч.2. – 185 с.
2. **Евстигнеев М.И.,** Литвинов Ю. В., Мазулина В. В., Мищенко Г. М. Алгоритмы управления четырехколесным роботом при движении по пересеченной местности // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 9. С. 738—741.

М.А. Марьин, студ.; рук. Н.В. Мелешко, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

Сравнение эхосигналов от отражателей различного типа теоретически и на практике

Доклад содержит сравнительный анализ данных сигналов, полученных практическим методом и пересчитанных с помощью формул акустического тракта.

Актуальность рассматриваемой проблемы является в том, что при отсутствии какого-либо настроечного образца с определённым отражателем, с помощью математических формул можно узнать, какой амплитуды сигнал будет от данного отражателя, используя при этом любой другой отражатель, выполненный из такого же материала.

В работе использовались отражатели типа: плоскодонного цилиндрического отверстия, бокового цилиндрического отверстия, зарубки. Материал – сталь. Исследования проводились на ультразвуковом приборе A1550 IntroVisor в режиме дефектоскопа с преобразователем, у которого угол ввода 65°, рабочая частота 5 МГц, и в режиме томографа с антенной решеткой M9170. Полученные амплитуды сигналов были пересчитаны с помощью формул акустического тракта и выведены поправочные коэффициенты по глубине и эквивалентной площади отражателей. В последствии сравнивались сигналы, полученные на практике и пересчитанные формулами.

По результатам работ можно сделать положительные выводы о сопоставимости сигналов. При пересчёте амплитуды сигнала, например, от зарубки в ПДО на разных глубинах и с разными эквивалентными площадями, данная амплитуда почти равна амплитуде от этого ПДО, полученной практическим методом.

Перспективы использования полученных результатов заключаются в том, что можно написать ПО обеспечение для пересчёта амплитуд сигналов от отражателей различного типа и использовать лишь один удобный отражатель.

Литература

1. **Неразрушающий** контроль: Справочник: В 7 т. Под общ.ред. В.В. Клюева. Т. 3: Ультразвуковой контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.: ил.

Направление

**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА,
ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА
И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ**

Научный руководитель направления —
директор ИЭТ, к.т.н., профессор С.А. Грузков

Секция 21
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ

Руководитель секции: Ширинский Сергей Владимирович
Секретарь секции: Гончаров Владимир Иванович

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

СУДОВОЙ ТУРБОГЕНЕРАТОР

Важное место в стратегии развития электроэнергетики занимают автономные системы электроснабжения (АСЭ), представляющие собой электроагрегаты и управляемые электромеханические системы. Стабильное электроснабжение АСЭ судовой техники осуществляют турбогенераторы, в конструкции которых традиционно используется электромагнитное возбуждение. Для повышения энергетических и массогабаритных показателей турбогенератора перспективным является переход на систему возбуждения от редкоземельных постоянных магнитов. Целью настоящего исследования стала разработка турбогенератора на базе синхронной машины с постоянными магнитами.

В рамках работы выполнен расчет турбогенераторов с электромагнитным возбуждением (ТЭВ) и возбуждением от постоянных магнитов (ТПМ) по классическим методикам проектирования синхронных машин. Мощность спроектированных машин составила 1,5 МВт, частота вращения – 3000 об/мин. В качестве прототипа выбран генератор ТПСМ-1,5. В результате проведенных расчетов за счет использования высококоэрцитивных магнитов NdFeB марки НмБ200/80 длина магнитопровода ТПМ оказалась на 24% меньше по сравнению с ТЭВ при одинаковых внешних диаметрах статора. Крепление постоянных магнитов осуществляется с помощью специальной металлической гильзы. По энергетическим показателям также более выгодным оказалось использование ТПМ (97,2% против 95,8%), что связано с отсутствием электрических потерь в роторе. Для проверки адекватности проведенных расчетов выполнено моделирование электромагнитного поля в программном комплексе FEMM. Кроме того, для исследования добавочных потерь с помощью программы Mathcad был выполнен гармонический анализ индукции в воздушном зазоре. В результате проведенного анализа выявлено повышенное значение 23-ей гармоники, являющейся зубцовой гармоникой. Для ее уменьшения предложено три способа: увеличение немагнитного воздушного зазора; использование магнитных клиньев; использование полузакрытых пазов. Анализ данных технических решений показал, что наиболее эффективным оказывается использование магнитных клиньев.

Таким образом, проведенные исследования показывают перспективы использования синхронной машины с постоянными магнитами в судовой технике. Ограничивающим фактором внедрения является повышенная стоимость редкоземельных магнитов. Срок окупаемости ТПМ составляет 6 лет.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ НА ВИХРЕВЫЕ ТОКИ В СИНХРОННЫХ МАШИНАХ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Важным вопросом при проектировании регулируемого электропривода автономной системы электроснабжения на базе синхронных машин с постоянными магнитами является снижение добавочных магнитных потерь в роторе электрической машины, как в режиме холостого хода, так и в режиме нагрузки. Особенно это становится актуально в случае использования в многополюсных синхронных машинах обмотки с дробным q , которая является источником размагничивающей реакции якоря и повышенных добавочных потерь в постоянных магнитах полюсов из-за наличия в кривой МДС субгармоник [1]. Подобные явления объясняются повышенной глубиной проникновения волны МДС субгармоник в электропроводящие элементы ротора, а также ее повышенной относительной скоростью за счет асинхронного вращения с основной гармоникой.

Аналитические методы, используемые для описания процесса образования вихревых токов, являются весьма сложными и громоздкими. Более рациональным является конечно-элементное моделирование. К тому же численные методы позволяют выполнить расчет с наименьшей погрешностью за счет меньших допущений. В работе предварительно был выполнен поверочный расчет турбогенератора с частотой вращения 3000 об/мин и мощностью 1,5 МВт по классической методике [2]. Для полученного варианта выполнены расчеты электромагнитных полей в программных комплексах FEMM и COMSOL Multiphysics для оценки достоверности результатов, полученных при решении гармонической задачи программы FEMM. Также в работе проведено сравнение добавочных потерь в постоянных магнитах и скрепляющей их гильзе из различных материалов при частоте 250 Гц.

Результаты работы могут быть использованы при практических расчетах потерь и КПД синхронных машин с постоянными магнитами.

Литература

1. **Bianchi N., Bolognani S., Fornasiero E.** An overview of rotor losses determination in three-phase fractional-slot PM machines // IEEE Transactions on Industry Applications. 2010. vol. 46. №6.
2. **Копылов И.П.** Проектирование электрических машин: учебник для вузов. М.: Издательство Юрайт, 2011.

А.О. Гетажаев, студент; рук. А.А. Кирякин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПОГРУЖНОЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ ДЛЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Интенсивное развитие промышленности, транспорта, сельского хозяйства, рост населения, повышение его жизненного уровня и улучшение бытовых условий ведет к возрастающему потреблению водных ресурсов. Наиболее эффективными установками для подъема подземных вод на современном этапе развития техники водоподъемных устройств являются скважинные центробежные электронасосы, приводом которых служит асинхронный электродвигатель погружного типа. Ввиду того что именно электродвигатель определяет основные энергетические характеристики центробежных насосов, вопросы математического моделирования процессов, разработка новых конструкций имеют большое практическое значение.

Настоящая работа посвящена анализу особенностей проектирования и исследованию ненормальных режимов работы погружных асинхронных двигателей при изменении параметров питающей сети. В качестве объекта исследований взят двухполюсный двигатель мощностью 5.5 кВт и серийно выпускаемый АО «Ливнынасос».

В работе представлен анализ конструкций и материалов, применяемых в погружных двигателях, а также кратко описаны основные методы их проектирования.

Выполнен расчёт и проведен анализ статических характеристик двигателя и параметров схемы замещения на основе методик, изложенных в книгах И.П. Копылова [1] и Г.Г. Счастливого [2], с использованием разработанной программы в среде Mathcad 15.

Разработана программа с применением ПО Matlab Simulink математического моделирования динамических режимов работы погружных электродвигателей и выполнены расчёты характеристик. Определены наиболее критичные значения отклонений параметров питающей сети от номинальных значений, оказывающие наибольшее влияние на выходные параметры электродвигателя. Выработаны рекомендации по повышению энергетических показателей и надёжности электродвигателей.

Литература

1. **Копылов И.П.** Проектирование электрических машин. – М.: Юрайт, 2011. – 767 с.
2. **Счастливый Г.Г.** Погружные асинхронные электродвигатели. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 168 с.

*К.Р. Болотов, студ.; рук. С.В. Ширинский, к.т.н.
(НИУ «МЭИ»)*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА С ГОГТЕОБРАЗНЫМ РОТОРОМ ДЛЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Электрические генераторы с гогтеобразными полюсами на роторе позволяют получить многополюсный ротор небольшого диаметра и обеспечить наведение ЭДС даже при низкой частоте вращения.

Российские генераторы с гогтеобразным ротором разработаны и выпускаются для легкового автотранспорта, однако с развитием автомобильной промышленности возрастает спрос на более мощные генераторы. В настоящее время в России не производят генераторы для грузового транспорта мощностью около 4 кВт в компактном исполнении, и разработка такого проекта является насущной задачей.

Основные отличия компактного исполнения генератора большой мощности от классического исполнения заключаются в наличии двух вентиляторов и вентиляционных отверстий в крышках генератора для улучшения теплоотвода. С той же целью щеточно-контактный узел располагают за подшипником.

В настоящее время произведено проектирование и выполнен электромагнитный расчёт генератора аналитическим методом по методике В.А. Балагурова. Произведен расчет на прочность крышек генератора. Опытный образец находится в производстве компании ООО «Премо-Электро».

Расчеты показывают, что спроектированный генератор (модель 7542.3771) не уступает зарубежным аналогам. На рис.1. показано сравнение токоскоростных характеристик (ТСХ) нового российского и двух зарубежных генераторов одинаковой мощности. ТСХ были сняты в горячем состоянии генераторов

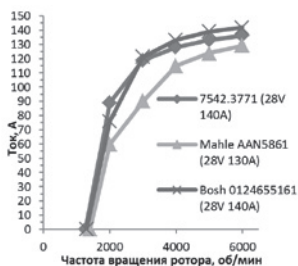


Рис. 1. Токоскоростные характеристики генераторов

Литература

1. **Сугробов А.М.** Проектирование электрических машин автономных объектов: учебное пособие для вузов / А.М. Сугробов, А.М. Русаков. –М.: Издательский дом МЭИ, 2012. -304с.: ил.

*А.А. Дроздов, асп., рук П.А. Курбатов, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

ЛИНЕЙНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ОБЪЕМНЫМИ ВТСП

В наше время предъявляются все более высокие требования к системам выработки, передачи, хранения и преобразования электроэнергии. Для достижения этих целей применяют новые материалы, например сверхпроводники, которые благодаря переходу от жидкого гелия к относительно дешевому жидкому азоту позволил сократить затраты в системах криостатирования и сделал экономически оправданным применение электромеханических преобразователей, основанных на ВТСП.

Высокотемпературные сверхпроводники могут применяться в генераторах для уменьшения габаритных размеров и массы благодаря использованию более высокой плотности тока в сверхпроводнике по сравнению с обычными проводниками, что делает его очень перспективным для использования в волновых преобразователях энергии.

Высокотемпературные сверхпроводящие материалы в электромеханике применяются в двух видах: ВТСП провода и объемные ВТСП катушки. Для использования в дальнейших исследованиях выбраны объемные ВТСП материалы, благодаря их свойству захватывать магнитное поле в процессе охлаждения, что дает возможности использовать их как источники магнитного поля аналогично постоянным магнитам.

В ходе анализа различных конструкций двигателей, рассматривались российские и зарубежные разработки, и их характеристики для изучения был выбран линейный генератор с объемными ВТСП (второго поколения). Представлены опыты, проведенные для изучения свойств сверхпроводящих материалов. Для выбранной конструкции генератора построена модель, для которой проведен электромагнитный анализ. Результатом анализа являются построенные характеристики и выводы.

*М.А. Богомолов, магистрант;
рук. Т.Е. Шадриков, к.т.н., доц. (ИГЭУ, Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРА ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЫ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS

Одним из важных компонентов электротехнических комплексов повышенной частоты (ЭТКПЧ) [1-2], предназначенных для централизованного электропитания устройств электротепловой обработки (ЭТО) [1-3], является силовой высоковольтный трансформатор повышенной частоты. Такие трансформаторы обладают высокими технико-экономическими параметрами [1,2]. Ввиду того, что процесс ЭТО требует применения напряжений и токов повышенной частоты, методика расчета и проектирования трансформатора отлична от [4,5].

Целью исследования автора является построение правильной компьютерной модели высоковольтного трансформатора повышенной частоты в программном комплексе ANSYS Maxwell [6]. Такая модель позволит проверить расчетные [1] и опытные [2] данные трансформатора повышенной частоты – потери в обмотках, потери в сердечнике и т.п., а также исследовать вопрос оптимизации конструкции трансформатора при проектировании его на большие мощности (10, 16, 30 кВт и более).

Результаты моделирования могут быть учтены при расчете и производстве трансформаторов повышенной частоты для комплексов электротепловой обработки железобетонных изделий.

Литература

1. **Соколов А.М.** Техничко-экономические показатели силовых трансформаторов высокого напряжения локальных электроэнергетических систем переменного тока повышенной частоты / Т.Е. Шадриков, А.М. Соколов, А.В. Гусенков, В.Д. Лебедев // Энергетик. №2. – 2015. – С. 11–14.
2. **Шадриков Т.Е.** Показатели энергетической эффективности высоковольтного электротехнического комплекса повышенной частоты / Т.Е. Шадриков, А.М. Соколов, А.В. Гусенков, В.Д. Лебедев // Энергетик. №7. – 2017. – С. 6–12
3. **Федосов С.В.** Электротепловая обработка бетона токами различной частоты/ С.В. Федосов, В.И. Бобылев, Ю.А. Митькин, А.М. Соколов, Г.Н. Закинчак // Строительные материалы. –2010. –№ 6. – С. 4-7.
4. **Вдовин С.С.** Проектирование импульсных трансформаторов. Л.: Энергоатомиздат, 1991.
5. **Забарило Д.А.** Особенности расчета силового трансформатора повышенной частоты. 2013.
6. **Матвеев К.Ф.** Силовая электроника. Использование пакета ANSYS для моделирования электромагнитных импульсных преобразователей. 2004. №2.

Е.В. Щетинин, асп; рук. А.А. Кирякин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКООБОРОТНЫХ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

В настоящее время высокооборотные турбогенераторы нашли применение во многих областях электроэнергетики, от автономных электростанций до судоходной и космической техники. В связи с этим, должны учитываться особые технические требования, предъявляемые к турбогенераторам, которые усложняют процесс проектирования. Актуальным вопросом является исследование и улучшение статических и динамических характеристик высокооборотных турбогенераторов и параметров машины, а также уменьшение массогабаритных показателей и обеспечение высоких показателей надежности.

В работе рассмотрено проектирование двух различных конструктивных типов высокооборотных турбогенераторов: с обмоткой возбуждения [1] и с постоянными магнитами [2]. Турбогенераторы имеют ряд особенностей и недостатков, например, для обмотки возбуждения - наличие системы возбуждения и связанных с ним потерь; турбогенератор с постоянными магнитами – отсутствие возможности регулирования тока возбуждения и наличие нестабильной напряженности магнитного поля возбуждения. В связи с этим проводится определение и сравнительный анализ параметров двух этих машин.

В работе представлены особенности расчета турбогенераторов с учетом минимизации габаритных размеров. Исследованы характеристики двух сравниваемых высокооборотных турбогенераторов в переходных режимах работы. Выполнено математическое моделирование турбогенераторов в среде Simulink программы MathLAB. Определена специфика переходных процессов в турбогенераторах при изменении электромагнитного и вращающего момента турбины. Проведен анализ параметров и характеристик генераторов и оценка их особенностей работы с использованием силовых выпрямителей.

Литература

1. **Извеков В.И., Серихин Н.А., Абрамов А.И.** Проектирование турбогенераторов. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 440 с.
2. **Данилевич Я.Б., Антипов В.Н. Кручинина И. Ю., Хозиков Ю.Ф.** Турбогенераторы малой мощности для децентрализованных систем энергообеспечения. – СПб.: Наука, 2009. – 102 с.

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

ОСНАСТКА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СВОЙСТВ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

Применение постоянных магнитов (ПМ) для создания рабочего магнитного потока позволяет получать надежные компактные конструкции электрических машин (ЭМ). При этом сами ЭМ должны иметь как конструкционную, так и электромагнитную симметрию. К сожалению, при производстве ПМ неизбежен разброс значений коэрцитивной силы и остаточной индукции, связанный с несовершенством технологии производства. Несмотря на то, что российские стандарты допускают разброс свойств ПМ не более 5%, в поставляемых партиях магнитов он может достигать 10%, что неблагоприятно влияет на выходные характеристики изготавливаемых ЭМ. В связи с этим, перед сборкой ЭМ целесообразно проводить входной контроль фактических магнитных свойств поставляемых ПМ.

В ходе работы над опытным образцом линейного генератора была создана специальная оснастка для измерения свойств ПМ (рис.1), состоящая из магнитопровода, стеклотекстолитовых пластин для фиксации магнита и тесламетра. Магнитная индукция измеряется в крайней точке зазора на оси намагничивания ПМ. Предварительный конечно-элементный анализ позволяет по этому значению индукции однозначно определить коэрцитивную силу и значение остаточной

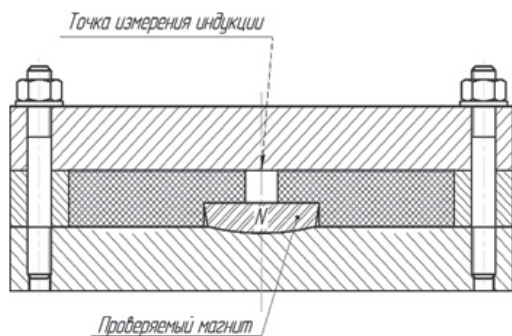


Рис. 1. Оснастка для проверки свойств постоянных магнитов.

намагниченности исследуемого ПМ. Благодаря точной фиксации ПМ в магнитной системе оснастки, имитирующей магнитную систему реальной машины, измерение индукции в точке с определенными координатами позволяет оценить разброс свойств ПМ перед их использованием в ЭМ.

А.С. Хайлов, асп.; рук. Т.Т. Амбарцумова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)»

Многоконтурная модель энергосберегающего асинхронного двигателя.

Асинхронные двигатели общепромышленного применения наряду с известными преимуществами обладают недостатком: низким коэффициентом мощности (0,8-0,9 при номинальной нагрузке), что влияет на энергосбережение и ведет к нерациональному использованию генерирующей электроэнергии средств.

К настоящему времени сформировалась концепция энергосбережения, основанная на разработке и применении для электроприводов асинхронных двигателей с автокомпенсацией реактивной мощности. В частности, новое качество, приобретаемое короткозамкнутым асинхронным двигателем, достигается с помощью двух специально расположенных в пазах статора многофазных обмоток, одна из которых D - двигательная, а другая K – конденсаторная. Обе обмотки параллельно подключаются к трехфазной сети. Поле ротора и обмотка K образуют встроенный в двигатель элемент в виде синхронной машины, способной работать в режиме генератора с опережающей реактивной мощностью.

Для промышленного производства двигателей необходимо решить ряд задач, связанных с инженерным проектированием с применением оптимизационных программ, углубленным изучением физических процессов с учетом динамических режимов. Ряд вопросов может быть решен на основе использования многоконтурных макромоделей асинхронных двигателей, реализованных с использованием S – функции в среде *MATLAB*. Технология S – функции основана на описании блоков уравнений электрического равновесия на языке программирования Си с последующим взаимодействием с блоками *Simulink*, обеспечивающими связи с аппаратными средствами компьютера.

В среде *MATLAB* с помощью языков программирования пользователь может создать описание сколь угодно сложного блока и подключить его к *Simulink*-модели, при этом с точки зрения взаимодействия пользователя с моделью, блок на основе S – функции ничем не отличается от стандартного библиотечного блока *Simulink*. Такие S – функции обладают еще и дополнительными возможностями, которые включают работу с разными типами данных (целыми, действительными и комплексными числами различной степени точности), использование матриц в качестве входных и выходных переменных.

Представляется целесообразным при разработке алгоритмов энергообмена в динамике использовать динамические энергетические показатели.

*А.В. Курочкин, студент; рук. С.И. Хренов, к.т.н., доц.;
Д.А. Матвеев, н.с. (НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ОТБОРА МОЩНОСТИ

Трансформаторы отбора мощности (ТОМ) – новые и перспективные устройства, предоставляющие экономичные и надежные технические решения для широкого круга задач по обеспечению электроснабжения, в т. ч. возможность прямого подключения к воздушным линиям электропередачи [1]. Конструктивно эти трансформаторы оказываются ближе к трансформаторам напряжения, нежели к силовым трансформаторам, что вызвано относительно небольшой номинальной мощностью (20–100 кВА). Их обмотки должны иметь слоевую конструкцию, и, для обеспечения приемлемых значений напряжения короткого замыкания, повышенное значение осевого размера. Реализация такой конструкции возможна при условии увеличения расчетного значения напряженности электрического поля в номинальном рабочем режиме и при испытаниях. Для этого в работе была поставлена задача уточнения критериев длительной и кратковременной электрической прочности изоляционных узлов ТОМ с определением их электрической прочности на макетах.

В докладе рассмотрены макеты изоляционных узлов ТОМ, представлены программа исследовательских испытаний макетов и результаты исследований. Приведен анализ результатов расчетов электрических полей в изоляции ТОМ с использованием трехмерных компьютерных моделей. Предложена методика расчета изоляции ТОМ посредством трехмерного компьютерного моделирования электрических полей и применения уточненных критериев длительной и кратковременной электрической прочности. Определены направления оптимизации конструкции ТОМ 110–500 кВ.

Литература

1. Д.А. Матвеев, В.С. Ларин, И.И. Никулов. Перспективы применения трансформаторов отбора мощности от ВЛ 110-500 кВ // Энергоэксперт, №5, 2017, С. 80-83

А.А. Елисеев, студ.; рук. В.Е. Шмелев, к.т.н., доц. (ВлГУ, Владимир)

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ОДНОФАЗНОМ ТРАНСФОРМАТОРЕ

Энергосбережение всегда направлено на снижение потерь энергии при её преобразовании, передаче, распределении, потреблении. Работа любого преобразователя (в т.ч. и трансформатора) сопровождается потерями, мероприятия по снижению которых не всегда обоснованы, поэтому актуальными являются задачи моделирования энергетических процессов в технических устройствах. Результаты такого моделирования дают возможность принимать обоснованные решения по снижению потерь. Для оценки мощности потерь часто применяются грубые упрощённые методики и формулы [1,2 и др.], для уточнения которых полезно применять более строгие методы математического моделирования.

В данной работе решается задача моделирования потери комплексной мощности в однофазном трансформаторе по линейной схеме замещения в виде двух индуктивно связанных ветвей [3]. Приводятся матричные соотношения теории цепей с индуктивно связанными элементами [4]. Параметры схемы замещения и теряемая комплексная мощность выражаются через каталожные данные трансформатора. Проводится сравнительный расчёт зависимостей мощностей потерь в однофазном трансформаторе от коэффициента загрузки и характера нагрузки (активная, активно-индуктивная, активно-ёмкостная) при разных значениях коэффициента мощности нагрузки по матричной цепной модели и по традиционно применяемой эмпирической формуле. Результаты расчета показывают, что предложенная матричная модель существенно уточняет эмпирическую формулу.

Литература

1. **Кудрин Б.И.** Электроснабжение потребителей и режимы: учебное пособие / Б.И. Кудрин, Б.В. Жилин, Ю.В. Матюнина. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – 412 с.: ил. – ISBN 978-5-383-00753-2.
2. **Шведов Г.В., Сипачёва О.В., Савченко О.В.** Потери электроэнергии при ее транспорте по электрическим сетям: расчет, анализ, нормирование и снижение: учебное пособие для вузов / под ред. Ю.С. Железко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – 424 с.: ил. – ISBN 978-5-383-00832-4.
3. **Серебряков А.С.** Трансформаторы: учеб. пособие. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – 360 с.: ил. – ISBN 978-5-383-00871-3.
4. **Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В.** Теоретические основы электротехники. – СПб.: Питер, 2009. – Том 1. – 512 с. ISBN 9785388004109.

Секция 22
ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ
И КОМПОНЕНТОВ

Руководитель секции: Серебрянников Сергей Владимирович
Секретарь секции: Тихонов Антон Иванович

*П.А. Кудзинович, асп.; рук. Р.Е. Невский, к.т.н
(ФГУП "ВНИИА им. Н.Л. Духова")*

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТОВ ПРОВОДИМОСТИ В ПОЛИМЕРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗКАХ

Материалы высоковольтной изоляции во многом определяют технические характеристики электрофизических систем и их работоспособность в условиях эксплуатации. Проектирование электрофизической аппаратуры требует понимания физических процессов, протекающих в изоляционных материалах при внешних энергетических воздействиях (электрическое поле, температура и т.п.), а также связи этих процессов с химическим составом и строением материала.

Целью данной работы являлось исследование экспериментально полученных зависимостей тока утечки ряда материалов высоковольтной изоляции (полиэтилентерефталатная плёнка, полиуретановые и эпоксидные компаунды) при воздействии электрического поля постоянного тока и повышенной температуры окружающей среды.

Обнаружен эффект динамики изменения тока утечки через диэлектрик при длительной (порядка 8 часов) работе под напряжением, не объяснимый с точки зрения представлений об электрической очистке материала [1].

Выдвинута гипотеза о связи данного эффекта с химическим строением диэлектриков, а также с температурами фазовых переходов полимерных материалов.

Данная работа является поисковой, полученные экспериментальные данные и выдвинутая гипотеза требуют обсуждения для определения дальнейшего направления исследований.

Литература

1. **С.Н. Колесов, И.С. Колесов.** Материаловедение и технология конструкционных материалов. М.: Высш. шк., 2007.

Д.Н. Петриев, студент; рук. А.И. Тихонов, к.т.н. проф. (НИУ «МЭИ»)
**ИНТЕРАКТИВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ НА
 ФРЕЙМВОРКЕ DASH**

В настоящее время популярность приобретают интегрированные электронные учебники и учебные пособия, называемые также смарт- или «живые» учебники, включающие в себя тексты, видео, средства проверки знаний, интерактивные расчётные веб-приложения. Все компоненты смарт-учебников могут со сравнительно низкой трудоёмкостью разрабатываться на основе систем дистанционного обучения, например, edX [1].

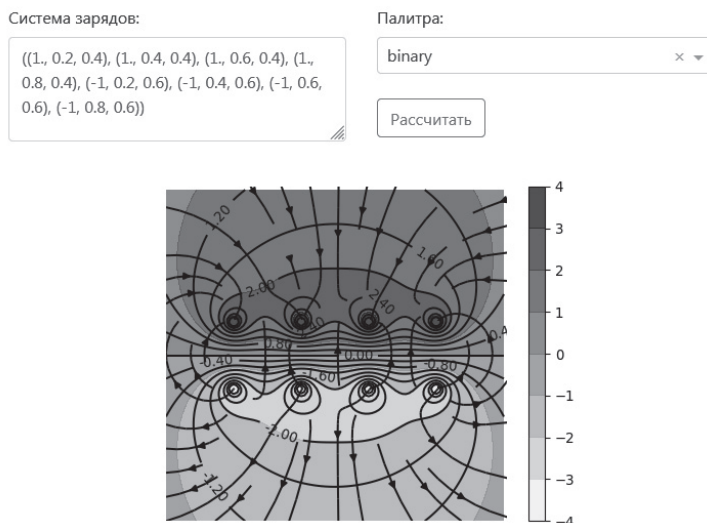


Рис.1. Интерактивное моделирование поля системы зарядов

В докладе рассмотрена технология создания интерактивных расчётных веб приложений на основе фреймворка Plotly Dash [2]. В качестве примера на Рис.1. приводится приложение для моделирования электростатического поля произвольной системы.

Анализируются вопросы визуализации результатов расчётов на основе plotly.js и matplotlib, интеграции расчётных приложений в смарт-учебники, а также трудоёмкости их разработки и применения в учебном процессе.

Литература

1. **Gilbert, M. A.** edX E-Learning Course Development // M. A. Gilbert. – Birmingham, UK: PACT Publishing, 2015.
2. Build beautiful web-based interfaces in Python. // URL: <https://plot.ly/products/dash/> (дата обращения 21.11.2018).

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

СТОЙКОСТЬ ДРОП КАБЕЛЕЙ К ИЗГИБУ

Исследованы оптические дроп кабели двух марок: ОВНВ с несколькими оптическими микромодулями (ОММ) и ОПЦ-Д2, с одним центральным оптическим модулем (ЦОМ).

При испытания на изгиб образец закрепляли в устройстве, содержащем груз массой два килограмма и подвергали изгибам при комнатной температуре в две стороны, причем угол между двумя крайними положениями по обе стороны от вертикали составлял 90° . Один цикл изгиба включал в себя перевод образца из вертикального положения в крайнее правое положение, затем – в крайнее левое положение и возврат в исходное вертикальное положение. Изгибы производили с периодичностью приблизительно один цикл за 2 с, скорость изгиба составляла примерно 30 циклов в минуту, при этом считали количество изгибов.

Зависимость приращения затухания сигнала в оптическом волокне кабелей от количества циклов изгибов (N) приведена на рисунке 1.

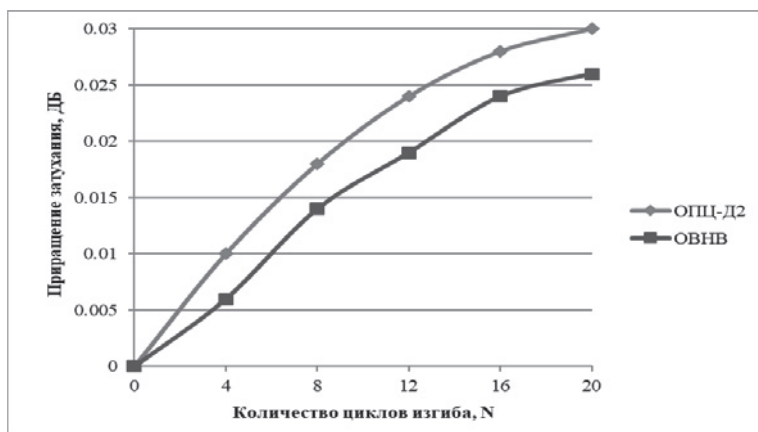


Рис.1. Зависимость приращения затухания сигнала в ОВ кабелей марок ОВНВ LS-NF и ОПЦ-Д2 от количества циклов изгиба.

Литература

1. Боев М.А., Е Наинг Лин. Механические свойства дроп-кабелей // «Вестник МЭИ» 2018, № 5, с.34-41.

Хейн Мьят Ко, асп.; рук. М.А Боев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ВЛИЯНИЕ РАЗДАВЛИВАЮЩЕГО УСИЛИЯ НА ЗАТУХАНИЕ СИГНАЛА В ОПТИЧЕСКОМ КАБЕЛЕ ЗОНОВОЙ СВЯЗИ

Современные конструкции оптических кабелей должны отвечать целому ряду требований, установленными на период хранения, инсталляции (прокладки) и эксплуатации. Многоканальную связь дальностью до 250 км, например, между областным центром и районами называют зоновой [1]. Для строительства таких линий связи сегодня используют оптические кабели различной конструкции. В данной работе исследованы кабели марки ОПЦ-32А-9. Кабель указанной марки испытывали на стойкость к раздавливающему усилию по методу, изложенному в ГОСТ Р МЭК 794-1 (метод Е1).

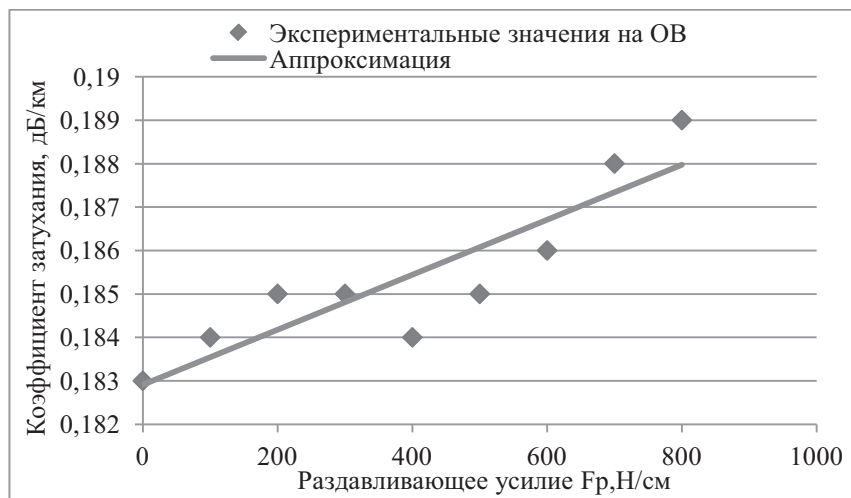


Рис.1. Коэффициент затухания сигнала в ОВ в зависимости от раздавливающего усилия, воздействующего на кабель

Проведенные испытания позволили регламентировать в ТУ 3587-001-58743450-2005 на изготовление кабелей исследованной марки требования по стойкости к раздавливающему усилию.

Литература

1. **Боев М.А., Хейн Мьят Ко** // Оптический самонесущий кабель для зоновой связи. 16-я Международная конференция «Электромеханика, электротехнологии, электротехнические материалы и компоненты МКЭЭЭ-2016 (ICEEE-2016)», 19-24 сентября, Крым, Алушта, 286. С. 70-71.

А.В. Зиновьев, студ. (НИУ «МЭИ»); А.В. Хныкин, к.т.н. (ФГУП «ВНИИА им. Н.Л. Духова»); рук-ли С.В. Серебрянников, д.т.н. проф. (НИУ «МЭИ»); Р.Е. Невский, к.т.н. (ФГУП «ВНИИА им. Н.Л. Духова»)

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ИМПУЛЬСНОГО КОНДЕНСАТОРА

В современных высоковольтных импульсных конденсаторах спирально-мотанной конструкции изоляция состоит из полимерных пленок различных типов, конденсаторной бумаги и пропитки жидкими или твердеющими диэлектрическими материалами. В целях достижения минимальных массогабаритных характеристик диэлектрик эксплуатируется при напряженностях электрического поля, близких к электрической прочности самих полимерных материалов. Таким образом, запас работоспособности конденсаторов обеспечивается в первую очередь качеством ленточных материалов, а при снижении их качества возникает необходимость снижения напряженности электрического поля в диэлектрике конденсатора.

В соответствии с этим целью данной работы является анализ конструкции и поиск снижения напряженности электрического поля высоковольтного импульсного конденсатора без увеличения габаритных размеров.

В работе приведен обзор полимерных диэлектрических материалов, использующихся в современных высоковольтных импульсных конденсаторах. Автором рассмотрены различные варианты конструкции диэлектрика и проведены теоретические расчеты распределения напряженности электрического поля в слоях диэлектрика. Приведен анализ возможных неоднородностей электрического поля, возникающих вследствие технологических дефектов и конструкционных особенностей.

В результате работы обоснована оптимальная конструкция импульсного высоковольтного конденсатора, реализованная путем перераспределения напряженности электрического поля между слоями диэлектрика, вследствие чего напряженности электрического поля снизилась с 180 кВ/мм до 160 кВ/мм без увеличения габаритов конденсатора.

Литература

1. **Меркулов В.И.** Основы конденсаторостроения: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2001. – 121 с.
2. **Мюрат Г. , Мороз Д.** Конденсаторы для импульсных источников питания: Компоненты и технологии, №2'2005.

*А.Н. Шутов, студ.; рук-ли А.Г. Корякин, асс.; В.М. Леонов, доц.
(НИУ «МЭИ»)*

СОВРЕМЕННЫЕ КОМБИНИРОВАННЫЕ КАБЕЛИ ДЛЯ БУРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Электрооптические кабели для нефтедобывающей промышленности в настоящее время широко применяются на буровых разработках РФ. Такие кабели используются в местах освоения и разработки углеводородов, для подачи электрического тока, передачи сигналов связи, управления и контроля.

К таким изделиям предъявляются следующие требования: виброустойчивость, огнестойкость, повышенная стойкость к механическим и электрическим воздействиям, стойкость к агрессивным средам [1].

Оптические волокна (ОВ) стали применяться в кабелях для добывающей промышленности, так как стало возможным обеспечивать стойкость к повышенному давлению, высокую механическую прочность, стойкость к изгибу, осевому кручению, работоспособность в широком интервале температур и пр.

В работе проведены измерения распределения температуры по длине скважины с помощью ОВ в составе электрооптических кабелей при различных условиях эксплуатации. Проводя измерение температуры по стволу нефтяной скважины, определяют глубину, на которой она соответствует критической температуре выпадения парафина. На основании результатов измерения температуры определяется глубина спуска депарафинизационных средств.

Проводится анализ различных типов ОВ для применения в комбинированных кабелях. Приводится расчёт работоспособности ОВ при воздействии температуры от минус 120 °С до 180 °С [2]. При помощи ОВ в кабеле (использование ОВ в качестве датчиков), получены диаграммы распределения температуры по длине скважины в интервале от 0 °С до 250 °С.

Даны зависимости времени проникновения водорода в оболочку с углеродными покрытиями при температурах до 200 °С при повышенных значениях давления водорода. Рассмотрены воздействия механических нагрузок, влияющих на ОВ в комбинированном кабеле, приводящих к увеличению затухания и обрыву ОВ.

Литература

1. **Корякин А.Г., Ларин Ю.Т., Месенжник Я.З.** Влияние эксплуатационной среды на электрооптические погружные кабели // Кабели и провода, 4 [335], 2012, с.14-20.
2. **Ларин Ю.Т., Смирнов Ю.В.** Измерение температуры сверхпроводящих электрических кабелей посредством волоконно-оптических датчиков // Первая мила, №1, 2011, с. 16-20.

О.В. Манахова, студент; рук. А.И. Тихонов, к.т.н. проф. (НИУ «МЭИ»)
**СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С НЕЛИНЕЙНЫМИ
ПРОВОДЯЩИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ**

Работа посвящена статистическому моделированию композиционных материалов с проводящими включениями, в которых проводимость включений зависит от разности потенциалов, приложенной к ним. Программные средства статистического моделирования разработаны на языке Python с использованием библиотек NumPy, SciPy для проведения расчетов и matplotlib [1] для визуализации распределений проводящих включений и потенциалов в образцах.

Алгоритм статистического включает в себя следующие этапы: моделирование проводящих включений в образцах, определение, имеется ли протекание от одной грани образца до противоположной [2]. Для образцов с протеканием рассчитываются проводимости между включениями, учитывающие, нелинейную зависимость проводимости от приложенной разности потенциалов.

Далее решается система нелинейных уравнений, описывающих распределение потенциалов в образце. При решении данной задачи используются разреженные матрицы и итерационное уточнение проводимостей частиц в зависимости от распределения потенциалов, полученного на предыдущей итерации. Таким образом, проводимости включений пересчитываются на каждой итерации.

Разработан алгоритм, позволяющий моделировать концентрационные зависимости проводимости вблизи порога протекания и сравнивать их с аналогичными зависимостями для включений с постоянной проводимостью.

В докладе представлены результаты статистического моделирования для различных видов нелинейностей, включая «диодную» и «варисторную» вольт-амперные характеристики проводящих включений. Приводятся визуализации проводящих кластеров, для одних и тех же распределений проводящих включений анализируется влияние нелинейностей на проводимость и распределение напряжённости электрического поля в образцах.

Литература

1. **Маккинли У.** Python и анализ данных / Пер. с англ. Слинкин А.А. – М.: ДМК Пресс, 2015.
2. **Снарский А.А., Безсуднов И.В., Севрюков В.А.** Процессы переноса в макроскопически неупорядоченных средах: От теории среднего поля до перколяции. Изд. стереотип. – М.: Издательство ЛКИ, 2015.

Чуньюй Суй, маг.; рук. М.А Боев, д.т.н., проф. (МЭИ (НИУ))

ОПТИЧЕСКИЕ КАБЕЛИ ДЛЯ РАБОТЫ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Наряду с передачей электрической энергии линии электропередачи успешно могут быть использованы для подвеса кабелей связи. В отдельных случаях это может быть единственным способом для решения вопроса по организации связи в отдаленных и труднопроходимых районах.

Для совместной работы кабеля связи с силовыми проводами на линиях электропередачи возникла необходимость создания специальных кабелей. В данной работе рассмотрены такие кабели марки ОСД, предназначенные для работы на линиях электропередачи.

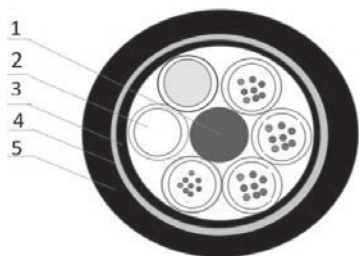


Рис.1. Конструкция кабеля ОСД

1. Центральный силовой элемент – стеклопластиковый стержень;
2. Оптический модуль из полибутилентерефталата, содержащий окрашенные одномодовые оптические волокна (рекомендация G.652) и гидрофобный наполнитель;
3. Внутренняя оболочка из полиэтилена высокой плотности;
4. Обмотка арамидными нитями;
5. Наружная оболочка из трекингостойкого полиэтилена.

В данной работе исследована долговременная механическая прочность кабеля марки ОСД. Проведены испытания в течение 1000 ч на растяжение в условиях постоянной действующей нагрузки 12,5 кН. Определено удлинение кабеля и сделан прогноз по удлинению кабеля в течение срока службы.

Литература

1. **Боев М.А., Зин Мин Латт.** Стойкость к растягивающему усилию оптических кабелей для широкополосного доступа // Вестник МЭИ 2017, № 3, с. 67-72.
2. **Серебрянников В.С., Холодный С.Д.** Методы испытаний в электроизоляционной и кабельной технике. LAP- LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 251 с.
3. **Боев М.А., Е Наинг Лин.** Механические свойства дроп-кабелей // Вестник МЭИ 2018, № 5, с.34-41.

Е.А. Купцова, студ.; рук. А. А. Сутченков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА
РАДИОЭЛЕКТРОННОГО АППАРАТА**

Обеспечение допустимого теплового режима является важным условием нормального функционирования радиоэлектронных аппаратов (РЭА). В процессе эксплуатации аппарата подвергается воздействию окружающей среды. Также на тепловой режим влияют активные элементы – источники тепла [1]. Целью расчета тепловых режимов является оценка температур элементов РЭА и их сравнение с допустимыми значениями по техническим условиям (ТУ). Для решения указанной задачи широко используются системы компьютерного моделирования [2].

Целью данной работы является расчет теплового режима аппарата специальной связи при температуре окружающей среды 45° С. Конструкция аппарата состоит из четырех модулей, суммарная выделяемая мощность аппарата составляет 33,2 Вт. Тепловой расчет аппарата проводился с помощью SolidWorks Simulation. В качестве начального приближения были использованы данные «традиционного» расчета теплового режима аппарата [3].

Расчет показал, что температура корпуса аппарата в рабочем режиме составляет 55 °С, а средняя температура воздуха внутри аппарата 65 °С. Наиболее теплонагруженным является блок питания, температура его активных элементов 85 °С, что не превышает норм ТУ. Температурные нормы остальных элементов аппарата также не превышены. Таким образом, аппарат может нормально функционировать для заданных условий эксплуатации. Для подтверждения расчетов в дальнейшем будет проведена экспериментальная проверка температурного режима аппарата.

Литература

1. Конструирование блоков РЭС. Ч. I. Тепловой расчёт блока РЭС: лабораторная работа / сост.: **Ю.Л. Муромцев, О.А. Белоусов, Н.А. Кольтюков, Е.Н. Яшин.** – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 28 с.
2. **В.В. Гольдин, В.Г. Журавский, В.И.Коваленок и др. Под ред. Сарафанова А.В.-** Исследование тепловых характеристик РЭС методами математического моделирования – М.: Радио и связь, 2003. – 456 с.
3. **Михеев М.А., Михеева И.М.-**Основы теплопередачи. Изд. 2-е, стереотип. М., «Энергия», 1977-344с.

*М.Е. Федянина, студ.; рук. П.И. Лазаренко, к.т.н.
(НИУ «МИЭТ», Зеленоград)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ ПЛЕНОК $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ И ЭЛЛИПСОМЕТРИИ

Материалы системы Ge-Sb-Te нашли широкое применение в различных устройствах фазовой памяти. Особый интерес представляет возможность формирования многоуровневой интегральной энергонезависимой оптической памяти с использованием промежуточных состояний с частичной кристаллизацией аморфных тонких пленок $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ (GST225) [1]. Однако одним из препятствий на пути создания и оптимизации параметров разрабатываемых устройств является довольно большой разброс литературных данных по исследованию оптических свойств GST225, в частности оптической ширины запрещенной зоны. Таким образом, целью данной работы являлось исследование оптических свойств тонких пленок материала GST225 в различных состояниях.

Для исследований оптических свойств были использованы методы эллипсометрия и спектрофотометрия. Для первого метода пленки GST225 формировались на c-Si подложке, а для второго метода – на стеклянной подложке (Corning glass 1737F). Аморфные тонкие пленки GST225 напылялись с помощью магнетронного распыления, скорость напыления составляла 2,3 нм/сек, толщина - 130 нм. Кристаллизация и частичная кристаллизация образцов проводилась с помощью линейного нагрева. Выбор температур отжига образцов проводился по результатам измерения температурной зависимости удельного сопротивления планарного образца.

В ходе работы с помощью спектрофотометрии были получены спектры пропускания и отражения в диапазоне длин волн от 200 до 2600 нм, а с помощью эллипсометрии – спектры амплитудной составляющей (ψ) и фазового сдвига (Δ) в диапазоне от 200 до 2000 нм. Используя экспериментальные данные и компьютерное моделирование для всех исследуемых образцов были рассчитаны спектры поглощения (α), преломления (n) и коэффициента экстинкции (k). Оценка оптической ширины запрещенной зоны проводилась с использованием метода Тауца.

В результате работы было показано, что в зависимости от температуры термообработки возможно формировать устойчивые промежуточные состояния с различными оптическими параметрами. Определенные зависимости будут использоваться при моделировании и оптимизации работы устройств энергонезависимой оптической фазовой памяти.

Литература

1. **Wuttig M.** Phase-change materials for non-volatile photonic applications // Nature Photonics. 2017. Vol.11. P. 465-476.

*Н.В. Шаратов, студ.; рук-ли С.В. Серебрянников, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»); Р.Е. Невский, к.т.н., доц. (ФГУП "ВНИИА им. Н.Л.
Духова")*

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В работе приведен анализ типового технологического процесса изготовления высоковольтного конденсатора. Автором рассмотрены особенности оборудования и технологического процесса изготовления конденсатора. Предложены способы повышения эксплуатационных характеристик. Приведены производители спирально-намотанных конденсаторов в РФ и за рубежом. Необходимость повышения эксплуатационных характеристик - это одна из важных задач при производстве конденсаторов спирально-мотанной конструкции. Одним из технологических способов повышения на начальных этапах изготовления является выбор и поддержание усилия натяжения лент диэлектрика и проводникового материала. Повышение усилия натяжения лент диэлектрика на 20% приводит к увеличению емкости на 5%. Равномерность натяжения позволяет стабилизировать качество производства спирально-намотанных конденсаторов. Натяжение обеспечивается автоматически (на автоматизированном оборудовании) или выставляется в ручную.

Учитывая вышеизложенное, необходимость учета натяжения является важным фактором при проектировании и производстве конденсаторов спирально-мотанной конструкции.

Литература

1. **Беленький Б.П.** Технологические и материаловедческие проблемы развития конденсаторов и нелинейных полупроводниковых резисторов. Современная электроника, 2018.
2. **Ануфриев Ю.А.** Эксплуатационных характеристики и надежность электрических конденсаторов. М.: Энергия, 1976.
3. **Емельянов О.А.** Энергетические соотношения для оценки диэлектриков конденсаторов. Электричество, 2007.

А.И. Никитин, асп.; рук. М.А. Боев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЗАТУХАНИЕ В СПЛАВНЫХ
ОПТИЧЕСКИХ РАЗВЕТВИТЕЛЯХ ДЛЯ СОЕДИНЕНИЯ
ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ**

На сегодняшний день оптические кабели являются одними из самых востребованных сред для передачи информации, данных и сигналов на значительные расстояния при организации сети связи, где отдельные кабели могут быть соединены с помощью сплавных оптических разветвителей по программе «Оптика до дома», как описано в [1].

Сплавные оптические разветвители могут быть установлены как внутри, так и вне помещений, поэтому важно обеспечить минимальную зависимость вносимого затухания от температуры.

Зависимость передаточных характеристик оптических кабелей от температуры можно найти в [2].

Для проведения исследования выбраны оптические разветвители одной и той же марки FBT-1x2-1310/1550-50/50-OM-0,25-01-N, но изготовленные по разным технологиям: технология переплетения оптических волокон и технология прецизионного сведения оптических волокон.

Организация МСЭ рекомендует изготовителям сплавных оптических разветвителей диапазон изменения вносимого затухания $+0,3/-0,3$ дБ при изменении температуры от -40 до $+75^{\circ}\text{C}$.

Проведенное исследование показало, что при изменении температуры согласно рекомендации МСЭ в сплавных оптических разветвителях, изготовленных по технологии прецизионного сведения оптических волокон, происходит изменение вносимого затухания в пределах $+0,1/-0,1$ дБ, а в сплавных оптических разветвителях, изготовленных по технологии переплетения оптических волокон – в пределах $+0,3/-0,3$ дБ.

В результате проведенного исследования можно сделать вывод о целесообразности использования сплавных оптических разветвителей, изготовленных по технологии прецизионного сведения оптических волокон.

Список литературы

1. **Боев М.А., Е Наинг Лин.** // Оптические кабели по программе «Оптика до дома». // Труды XVI Международная Конференция "Электромеханика, Электротехнологии, Электротехнические материалы и Компоненты" Крым, Алушта, 2016г.
2. **Боев М.А., Хей Мьят Ко.** // Температурная зависимость передаточных характеристик оптического кабеля, предназначенного для зонной связи. // Труды XVII Международная Конференция "Электромеханика, Электротехнологии, Электротехнические материалы и Компоненты" Крым, Алушта, 2018г.

*О.И. Киселева, студ.; рук. А.Г. Корякин, асс.
(НИУ «МЭИ»)*

СТОЙКОСТЬ К ТЕПЛОЙ ДЕФОРМАЦИИ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЗУЮЩИХСЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОБОЛОЧЕК КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Для производства современных кабелей используют полимерные материалы, так как они обладают наилучшими свойствами эксплуатационного и технологического характера.

Главными свойствами полимерных материалов, применяемых при изготовлении кабелей, являются:

- электрические;
- механические (разрывная прочность, относительное удлинение);
- температурные (нагревостойкость, изменения механических и деформационных характеристик при нагревании или охлаждении);
- специальные (огнестойкость, звукопоглощение, оптические особенности, химическая стойкость, вибропрочность).

В работе рассматриваются методы испытаний кабельных изделий с полимерной изоляцией и оболочкой, их стойкость к воздействию повышенной температуры, а именно: испытания на тепловое старение, испытание на тепловую деформацию, испытание под давлением при высокой температуре, испытание навиванием при повышенной температуре.

В работе приводятся методы определения степени сшивки сшитых полимеров. Опытным путем получены термомеханические кривые кабельной изоляции на основе различных кабельных оболочек различных марок: ПЭ 107-10К, 107-07К и пр. (рис 1).

Термомеханический метод определения плотности сетки с использованием термомеханических испытаний позволяет характеризовать физико-механические свойства полимеров и установить закономерности с основными параметрами сетки полимеров, используемых в кабельных изделиях.

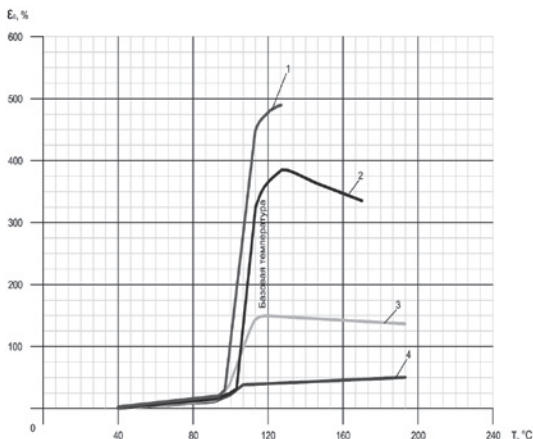


Рис. 1 Термомеханические кривые кабельной изоляции на основе ПЭ марки 107-10К при различных напряжениях:

- 1 — 1,0 МПа;
- 2 — 0,5 МПа;
- 3 — 0,25 МПа;
- 4 — 0,1 МПа.

А.О. Якубов, асп.; рук. А.А. Шерченков, д.т.н., проф. (НИУ «МИЭТ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ И АДГЕЗИОННЫХ
СВОЙСТВ И КИНЕТИКИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ТОНКИХ
ПЛЕНОК $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$**

Соединение $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ (GST225) является наиболее используемым в устройствах электрической фазовой памяти. Однако в настоящее время не начато масштабное производство устройств фазовой памяти. Связано это с рядом нерешенных задач. В частности, недостаточно отработана технология изготовления многослойной ячейки фазовой памяти, а также слабо изученный процесс кристаллизации. Таким образом, целью данной работы является исследования механических и адгезионных свойств, а также кинетики кристаллизации тонких пленок $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$.

Тонкие пленки GST225 были сформированы методом магнетронного распыления. Толщина пленок составляла 130 нм и была определена на атомно-силовом микроскопе (NT-MDT SolverPro). Исследования рентгено-спектального микроанализа, Оже-спектроскопии и рентгенофазового анализа показали, что осажденные пленки обладают составом, близким к $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$, и находятся в аморфном состоянии.

Механические свойства исследовались на подложках из Si, окисленного Si, а также на различных подслоях (TiN+W, W, TiN, Al, NiCr). Измерения проводились на наноинденторе В-И3 с использованием алмазного индентора Берковича. Для всех образцов твердость, жесткость и модуль Юнга увеличиваются с глубиной проникновения. Пленки GST225 на слоях Si, TiN, TiN+W обладают самой высокой, а с подслоем Al самой низкой твердостью. Адгезионные параметры были определены при помощи атомно-силового микроскопа ММАФМ-2. Определено, что наилучшей адгезией обладают пленки на подслоях Al и NiCr. Исследовано влияние кристаллизации на механические свойства и адгезию тонких пленок GST225.

Исследования кинетики кристаллизации проводились на планарных структурах по результатам исследований температурных зависимостей удельного сопротивления. В результате были определены возможные времена кристаллизации в зависимости от температуры. При температурах около 300 °С время кристаллизации составляло 10 нс, что сопоставимо с временем записи у устройств оперативной памяти. При 20 °С расчетное значение времени кристаллизации превышает сотню лет (время хранения).

Таким образом, в ходе данной работы были проведены исследования механических и адгезионных свойств. Проведенные исследования кинетических параметров позволили оценить возможное время кристаллизации тонких пленок GST225.

А.Г. Сапронов, А.А. Голышков, студенты; рук-ли Л.В. Алексейчик, д.т.н., проф.; М.П. Жохова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТАНГЕНСА УГЛА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ИЗОЛЯЦИИ НА ПОТЕРИ В ДЛИННЫХ ЛИНИЯХ

Основными характеристиками изоляционных материалов силовых кабелей среднего и высокого напряжения являются $\operatorname{tg} \delta$ и относительная диэлектрическая проницаемость ϵ_r [1]. Первичные и вторичные параметры кабеля как длинной линии с потерями зависят от этих значений и, как следствие, влияют на передачу и распределение электроэнергии при использовании кабеля [2].

Данная работа посвящена исследованию влияния тангенса угла потерь на качество передачи электроэнергии, в частности на потерю мощности ΔP . В таблице 1 приведены расчеты вторичных параметров и потери мощности для линии диспетчерской связи длиной 30 км, работающей на частоте $f = 12$ кГц. Жила и оболочка кабеля алюминиевые ($\gamma = 35 \cdot 10^6$ См/м), изоляция с $\epsilon_r = 3,15$. Расчеты проведены для $U_2 = 60$ В в согласованном и $U_2 = 80$ В в несогласованном режиме работы линии (при $R = 68$ Ом).

Таблица 1

Зависимость вторичных параметров линии и ΔP от $\operatorname{tg} \delta$

$\operatorname{tg} \delta$	$\alpha, \cdot 10^{-6}$ Нп/м	$\beta, \cdot 10^{-4}$ рад/м	Z_c , Ом	согласованный		несогласованный	
				P_2 , Вт	ΔP , Вт	P_2 , Вт	ΔP , Вт
0	2,973	5,058	$33,559 \angle -0,34^\circ$	107,275	20,952	94,118	23,140
0,001	3,226	5,058	$33,559 \angle -0,31^\circ$	107,276	22,913	94,118	25,206
0,006	4,491	5,058	$33,559 \angle -0,17^\circ$	107,277	33,175	94,118	35,598
0,008	4,997	5,058	$33,559 \angle -0,11^\circ$	107,278	37,502	94,118	40,465

Результаты расчета показывают, что в согласованном режиме зависимость ΔP от $\operatorname{tg} \delta$ проявляется в меньшей степени.

Литература

1. **Пешков И.Б.** Материалы кабельного производства: Машиностроение. Москва, 2013. — 455 с.
2. **Демирчан К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л.** Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. Том 2. — 4-е изд. — СПб.: Питер, 2003. Питер, 2003. — 576 с.

Секция 23
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ
И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
И КОМПЛЕКСЫ

Руководитель секции: Румянцев Михаил Юрьевич

Секретарь секции: Соломин Александр Николаевич

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

РАСЧЁТ МОМЕНТА ГЕНЕРАТОРА В ПРИВОДЕ С ОГРАНИЧЕНИЕМ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ

Для обеспечения заданного закона изменения скорости в ответственных механизмах автоматики применяют динамическое торможение на ёмкостную нагрузку [1].

Двигатель переходит в генераторный режим с выделением мощности на активном сопротивлении обмотки, которой соответствует момент

$$M = \frac{mRI^2}{2\omega}$$

построенных для частот не превышающих (рис. 1, а) и превышающих (рис. 1, б) резонансную частоту $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$.

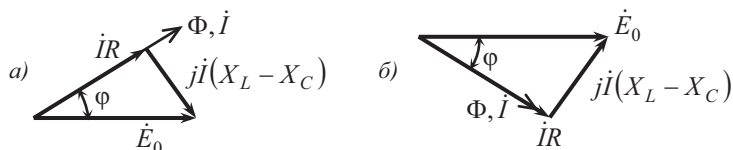


Рис.1. Векторные диаграммы токов и напряжений генератора

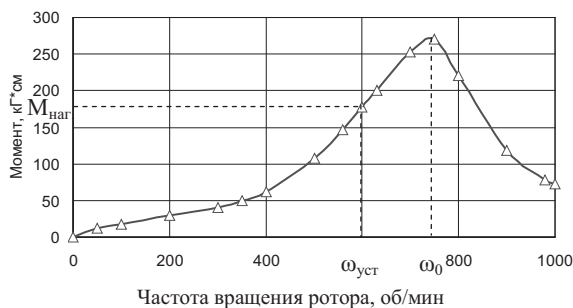


Рис. 2. Механическая характеристика генератора

нагрузки $M_{наг.}$ уравнивается моментом генератора, и ротор равномерно вращается с частотой $\omega_{уст.}$

Автором выполнен анализ характеристик и построение диаграмм.

Литература

1. Смирнов А.Ю., Кудряшов Д.А. Совершенствование электромеханических устройств управления скоростью перемещения регулирующего органа исполнительных механизмов систем и защиты ядерных реакторов // Изв. ВУЗов. Электромеханика. 2016 №5 (547), с.25-30.

Тин Аунг Зо, асп., Хейн Зо Хтет, асп., рук. Г.С. Мыцык, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)

ТРЕХФАЗНЫЙ ИНВЕРТОР НАПРЯЖЕНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТИПА ПОВЫШЕННОЙ МОЩНОСТИ

При синтезе инверторов повышенной мощности в тех случаях, когда уровень преобразуемой мощности существенно превышает возможности располагаемых ключевых элементов используют принцип многоканального преобразования энергетического потока. В [1] рассмотрены особенности структурно-алгоритмической организации (САОр) трёхфазных инверторов напряжения (ТИН) децентрализованного типа – ТИН-ДЦ- L (при $U_{2(l)}=var$ и $f_{2(l)}=var$), предназначенных для мощных частотно управляемых электроприводов. Для формирования выходного напряжения, имеющего здесь форму сигнала с амплитудно-импульсной модуляцией (с АИМ, а не с ШИМ), используется энергосберегающий алгоритм вектор-векторного формирования (ВВФ), реализуемый на выходной частоте f_2 [1]. Выходные напряжения L каналов сдвигают при этом относительно друг друга на угол $\delta=\pi/3L$, а токи каналов суммируют с помощью трансфильтров. В данном применении высшие гармоники выходного тока ТИН-ДЦ- L ослабляются индуктивностью рассеяния обмоток двигателя, так что установка на выходе ТИН-ДЦ- L фильтра не требуется. В настоящей работе рассматривается ТИН с такой же САОр, но централизованного типа (ТИН-Ц- L), т.е. при $U_{2(l)}=const$ и $f_{2(l)}=const$. В этом случае выходной фильтр должен использоваться. Для уменьшения массы фильтра предлагается использовать возможности способа ВВФ путём задания значения угла δ_k , обеспечивающего подавление ближайшей по частоте высшей гармоники в выходном напряжении. Приводятся результаты имитационного компьютерного моделирования (ИКМ) рис. 1 и оценки полученного выигрыша в массе фильтра. Показано, что с увеличением числа каналов L коэффициент гармоник выходного напряжения $K_{Г(u)}$ – снижается.

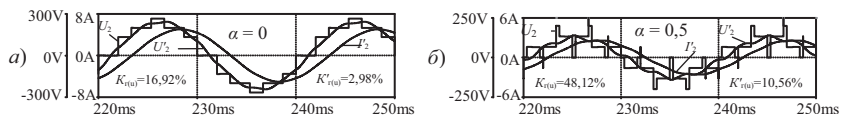


Рис. 1. Результаты ИКМ ТИН-Ц-2 с параметрами: $S_{2(l)}=3000$ ВА; $f_2=50$ Гц; $U_{2(l)}=220$ В; $\cos\varphi_{2(l)}=0,8$; напряжение питания: $E_n=400$ В; параметры фильтра: $L_{\phi}=20$ мГн; $C_{\phi}=45$ мкФ; напряжения до и после фильтра и ток в нагрузке при: а) – $\alpha=0$; б) – $\alpha=0,5$.

Литература

1. Мыцык Г.С., Тин Аунг Зо. Многоканальное преобразование постоянного напряжения в трехфазное квазисинусоидальное напряжение с использованием энергосберегающего алгоритма его регулирования. «Электричество», 2018г., №7. – С. 37÷46.

Тин Аунг Зо, асп., Хейн Зо Хтет, асп., Эрмиш Д.С., Крохмалёв К.О., магистры, рук. Г.С. Мыцык, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

К ВОПРОСУ СТРУКТУРНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ НАЗЕМНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Проблема освоения нетрадиционных возобновляемых источников энергии с течением времени приобретает всё большую актуальность. Настоящий доклад посвящён решению задач структурно-алгоритмического и параметрического синтеза (САС и ПС) солнечной электростанции (СЭ) мощностью порядка нескольких сотен кВт в условиях наземной эксплуатации. В качестве преобразователей солнечной энергии используются фотоэлектрические преобразователи (ФЭП), которые для получения необходимых напряжений и мощности солнечной батареи (СБ) объединяют последовательно-параллельно в модули (СМ) или панели (СПа), а затем СМ (или СПа) соединяют в СБ. Число ФЭП в СБ исчисляется тысячами, десятками тысяч штук и более. В зависимости от количества соединённых должным способом СМ (или СПа) напряжение СБ обычно составляет $24 \div 80$ В, а ток $1 \div 2$ А [1]. Для построения СЭ с такими исходными данными для получения напряжения 220 В промышленной частоты 50 Гц мощностью, например, 100 кВт СБ должна отдавать мощность с учётом КПД электронного преобразователя (ЭП) примерно $\eta = 0,6 \div 0,8$ $P_{СБ} = 167 \div 125$ кВт при токе соответственно 696 θ 1563 А. Из примера следует, что с целью повышения КПД СБ должна выполняться по возможности на более высокое напряжение, а ЭП – на меньший ток. Если напряжение СБ поднять, например, до 200 В, то КПД ЭП станет не менее $0,85 \div 0,9$, а потребляемый от СБ ток снизится до 588–555 А. Для гальванической развязки и согласования уровней напряжения СБ и выходного напряжения СЭ ЭП выполняется с промежуточным высокочастотным преобразованием (ПВЧП), т.е. по двухзвенной структуре – в виде регулируемого по напряжению конвертора (РКН) и инвертора напряжения – ИН (в однофазном – ОИН и в трехфазном исполнении – ТИН). Целью настоящей работы является создание информационно-методического обеспечения для системного проектирования СЭ. Для её достижения решаются задачи САС и ПС возможных альтернативных вариантов СЭ на заданную мощность при различных значениях напряжения СБ. В качестве средства решения поставленных задач используется имитационное компьютерное моделирование.

Литература

1. Электрооборудование летательных аппаратов: учебник для вузов. В двух томах/ под редакцией С.А.Грузкова. – М.: Изд. МЭИ, 2005 – Том 1. Системы электрооборудования летательных аппаратов. – 2005. – 568с.

*А.Е. Маслов, асп., В.Ю.Павлов, ст., К.Д.Сидоренко, ст.,
Г.С. Мыцык, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

КОМБИНИРОВАННЫЕ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ГЕНЕРАТОРЫ С РЕВЕРСИВНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Применительно к инженерной деятельности в области электротехники стратегия энерго-и ресурсосбережения выражается в постоянном улучшении массогабаритных и энергетических показателей, в частности, машинно-электронных генерирующих систем (МЭГС) на базе синхронных генераторов (СГ). Наилучшие результаты по вышеуказанным показателям качества сегодня достигнуты при возбуждении СГ от постоянных магнитов. Такие СГ сокращенно называют МЭГ (магнитоэлектрический генератор). Для стабилизации их выходного напряжения (при возмущающих воздействиях по частоте вращения вала и по нагрузке) МЭГ выполняют с дополнительным индуктором (ДИ) с регулируемым электромагнитным возбуждением, обозначая его как МЭГ с комбинированным возбуждением – КМЭГ. Помимо самостоятельного применения он может быть дополнен выпрямителем, превращаясь при этом в систему «Вентильный генератор», который обозначается здесь как МЭГС-1. Если дополнить его инверторным звеном, то он превращается в систему МЭГС-2, которая известна в авиационной электротехнике как «ПСПЧ» – «переменная скорость – постоянная частота». В докладе рассматриваются предлагаемые модификации КМЭГ. Очевидно, что они могут использоваться и при синтезе МЭГС-1 и МЭГС-2. Отличительной особенностью рассматриваемых решений является использование в КМЭГ реверсивного возбуждения (РеВ), которое позволяет уменьшить мощность и массу ДИ, а также регулятора тока возбуждения (РТВ). Рассматриваются два варианта конструктивного выполнения бесконтактного возбуждения КМЭГ. В 1-м варианте в основу исполнения его ДИ положена известная конструкция «сексин» с соответствующей модификацией, обусловленной требованиями РеВ. Здесь РТВ, ДИ и реверсор тока (РеТ) выполняются в интегральном исполнении (совместно со статором КМЭГ). Во 2-м варианте ДИ выполняется вращающимся, по классической конструкции с явно выраженными полюсами, и с вспомогательным возбудителем (ВВ) по обращённой конструкции. Якорную обмотку ВВ через последовательно включённые вращающийся выпрямитель и РеТ подключают к обмотке возбуждения ДИ. Эти силовые узлы совместно с системой управления РеТ выполняются в интегральном исполнении. Приводится предварительная эскизная проработка этой вращающейся части КМЭГ, а также результаты предварительного исследования.

А.Е. Маслов, асп., С.А. Сотов, студ., Д.И.Шмелёв, студ., Г.С. Мыцык, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ПРИМЕНЕНИЕ РЕВЕРСИВНОГО ВОЛЬТОДОБАВОЧНОГО КАНАЛА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ ВЕНТИЛЬНОГО МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА

Одними из известных достоинств синхронных генераторов (СГ) с возбуждением от постоянных магнитов (МЭГ), определяющих предпочтительные области их применения, являются их бесконтактность и лучшие массогабаритные показатели по сравнению с СГ с электромагнитным возбуждением. При этом основным недостатком МЭГ, является необходимость решения проблемы регулирования (стабилизации) их выходного напряжения. Для формирования генератора постоянного тока посредством МЭГ (вентильного МЭГ – ВМЭГ) используется выпрямительный блок (ВБ) включенный последовательно. В [1] уже рассматривался вариант стабилизации выходного напряжения путем введения в цепь ВБ реверсивного вольтодобавочного канала (РВДК). Однако многие технические аспекты остались неразрешенными.

В докладе рассматриваются два варианта реализации РВДК, также некоторые ранее не освещённые вопросы по особенностям работы рассматриваемой системы, в частности: прояснение физической сущности режима вольтовычитания (ВВ), анализ влияния параметров синхронного генератора (R_s и L_s) на работоспособность рассматриваемого устройства, а также рациональность используемых фильтров, в том числе вопрос их структурно-параметрической оптимизации. Приводятся результаты имитационного компьютерного моделирования, подтверждающие проектный замысел, а именно: реализацию процесса стабилизации в режимах вольтодобавки и вольтовычитания с приведением, осциллограмм двух режимов, табличных и графических данных о влиянии конфигурации фильтров и их параметров на качество выходного напряжения в функции тока нагрузки.

Литература

1. **Маслов А.Е., Мыцык Г.С.** Стабилизированный по напряжению магнитоэлектрический генератор при изменяющейся частоте вращения вала // Радиозлектроника, электротехника и энергетика: Двадцать Третья Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. — М.: ООО «Центр полиграфических услуг „Радуга“», 2018, стр.387.

А. П. Планкин, асп., А. В. Марков, студ.;
рук. М. Ю. Румянцев к.т.н., с.н.с. (НИУ «МЭИ»)

АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ МИКРОТУРБИННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

На сегодняшний день в РФ развивается малая распределенная энергетика, позволяющая вырабатывать тепловую и электрическую энергию максимально приближено к потребителям. В диапазоне 1...300 кВт электрической энергии перспективным является применение микротурбинных энергетических установок (МКТЭУ) на базе высокоскоростных турбогенераторов (ТГ) с возбуждением от постоянных магнитов [1], которые могут работать на возобновляемых видах топлива, таких как пеллеты (продукты переработки древесины), торфе, продуктах переработки твердых бытовых отходов и т.д.

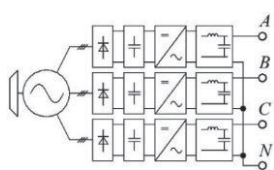


Рис. 1 – Структурная схема преобразователя напряжения

На рисунке 1 представлена структурная схема разрабатываемой на кафедре ЭКАО и ЭТ МКТЭУ, состоящая из девятифазного ТГ с частотой вращения до 100 000 об/мин и трехканального электронного преобразователя (ЭЛП). Выходные общепромышленные параметры МКТУ: 220/380 В, 50 Гц, нейтральный провод. Каждый из каналов ЭЛП состоит из трехфазного пассивного выпрямителя с выходным *C*-фильтром и однофазного инвертора с выходным *LC*-фильтром. Выходное напряжение требует регулирования, поскольку частота вращения ТГ нестабильна и напряжение на шине постоянного тока меняется в широком диапазоне ($\pm 15\%$).

Такому ЭЛП требуется информационно-управляющая подсистема (ИУП), учитывающая влияние всех входящих в систему элементов, в том числе высокоскоростного ТГ, позволяющая формировать на выходе напряжение требуемого качества и формы. На основе разработанной имитационной компьютерной модели проведен структурно-алгоритмический и параметрический анализ [2], учитывающий параметры глубины модуляции и кратности частоты развертки, выходного напряжения ТГ, параметров выходного *LC*-фильтра и нагрузки.

Оптимальный вариант ИУП положен в основу проектирования и изготовления на кафедре ЭКАО и ЭТ экспериментального образца ЭЛП с последующим испытанием МКТУЭ мощностью 30 кВт на ТЭЦ МЭИ.

Литература

1. Сергов С. А. Распределенная генерация тепла и электричества для труднодоступных районов // *Neftegaz.ru* – 2015 №1.
2. Анучин А. С. Встраиваемые высокопроизводительные цифровые системы управления / М.: Издательский дом МЭИ, 2010.

О.А. Колмакова, студ., рук. А.Н.Соломин, к.т.н., доц. (НИУ "МЭИ")

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА БАЗЕ СИНХРОННОЙ МАШИНЫ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Среди всех типов электродвигателей, применяющихся в электроприводах различного назначения, наиболее перспективными являются вентильные двигатели (ВД). Это обусловлено такими их важными качествами как бесконтактность и широкие возможности по регулированию выходных показателей. В качестве электрических машин, применяющихся в ВД малой мощности, широкое применение нашли синхронные машины с возбуждением от постоянных магнитов. В силу этого выбор этой машины в качестве объекта разработки и исследований представляется обоснованным и актуальным.

Для ряда применений важным показателем для электропривода является минимизация пульсации электромагнитного момента при выполнении других предъявляемых требований, таких как обеспечение высокого КПД, малых значений момента инерции, массы и габаритных размеров электродвигателя. Эти задачи решаются как конструктивными способами, так и путём выбора оптимального алгоритма управления вентильным электродвигателем. На этапе проектирования этого можно достичь, выполнив расчетные исследования, позволяющие определить рациональные значения размеров магнитопровода и оптимальный алгоритм управления, в наибольшей степени отвечающие предъявляемым требованиям.

Исследования проводились с помощью расчетной программы, разработанной на кафедре ЭКАО и ЭТ. Ее адекватность была подтверждена при разработке ряда вентильных электродвигателей различного назначения. Программа реализует математическую модель электромагнитных процессов, основанную на методе эквивалентных схем замещения электрической и магнитной цепи [1], и позволяет за приемлемое время провести многочисленные расчеты, необходимые для решения задач оптимизации.

В качестве объекта расчетных исследований был выбран вентильный двигатель на базе синхронной машины с возбуждением от постоянных магнитов мощностью 3 кВт. Проведены исследования влияния варьируемых конструктивных параметров и алгоритма управления на основные показатели вентильного двигателя с учётом заданных критериев оптимальности.

Литература

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

М.А.Нужин, студ., рук.А.Н.Соломин, к.т.н., доц. (НИУ "МЭИ")

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕНТИЛЬНОГО ИНДУКТОРНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С ОБМОТКОЙ ВОЗБУЖДЕНИЯ

В настоящее время повышается внимание к тяговым электромеханическим системам мобильных средств, движение которых осуществляется с помощью электродвигателя. Среди различных типов электрических машин, используемых для этой цели, интерес представляют вентильные двигатели на базе одноименнополюсных индукторных машин с обмоткой возбуждения, позволяющие реализовать различные алгоритмы управления этими двигателями, включая управление по магнитному потоку, что является важным при широком диапазоне изменения частоты вращения.

В число основных требований, предъявляемых к тяговому электродвигателю, входят: высокий КПД в широком диапазоне изменения частоты вращения и нагрузки, минимизация массогабаритных показателей, возможность реализации эффективного электрического торможения. В связи с использованием электродвигателя для осуществления движения транспортного средства его масса и размеры ограничены, что увеличивает важность расчетных исследований, позволяющих выявить рациональные значения размеров магнитопровода электродвигателя при выполнении всех предъявляемых требований.

Исследования проводились с помощью расчетной программы, разработанной на кафедре ЭКАО и ЭТ. Ее адекватность была подтверждена при разработке ряда вентильных электродвигателей различного назначения. Программа реализует математическую модель электромагнитных процессов, основанную на методе эквивалентных схем замещения электрической и магнитной цепи [1], и позволяет за приемлемое время провести многочисленные расчеты, свойственные задачам оптимизации.

В качестве объекта расчетных исследований был выбран вентильный индукторный электродвигатель мощностью 5 кВт. Во всем диапазоне регулирования частоты вращения электродвигателя проведены исследования влияния основных геометрических данных и определены оптимальные размеры зубцовой зоны, особенно важные с учетом принципа действия индукторной машины - ширина зубцов статора и ротора, высота зубцов статора и ротора и др. Полученные результаты могут быть использованы для уточнения методики проектного расчета.

Литература

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

Со Не Не Хейн, асп.; рук. А.В. Сизякин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛОИСКАЖАЮЩИХ ТВУ ПРИ РАЗНЫХ ВАРИАНТАХ ИСПОЛНЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ

В работе исследованы двухканальные малоискажающие трансформаторно-выпрямительные устройства (2-МИТВУ) (рис.1). В исследуемой системе первичные обмотки двух трансформаторов выполнены по схемам «звезда» и «треугольник» и соединены последовательно, вторичные обмотки выполнены одинаковыми по схеме «звезда» и подключены ко входам соответствующих выпрямительных мостов, выходы которых соединены параллельно. Основным методом исследования является имитационно-компьютерное моделирование в программном пакете Orcad Pspice. Важным элементом исследования является оценка потерь в сердечниках трансформаторов, входящих в состав системы. Использование стандартных элементов среды моделирования не позволяет сформировать модель трёхфазного трансформатора, выполненного на сердечнике, обладающем магнитной нелинейностью. В связи с этим, целесообразно исследовать рабочие процессы в системе, содержащей в своём составе три однофазных трансформатора. Целью эксперимента является оценка рабочих процессов, протекающих в системе и их сопоставление в различных режимах работы.

По результатам моделирования можно сделать вывод о том, что рабочие процессы в рассматриваемой системе не зависят от схемы выполнения трансформатора.

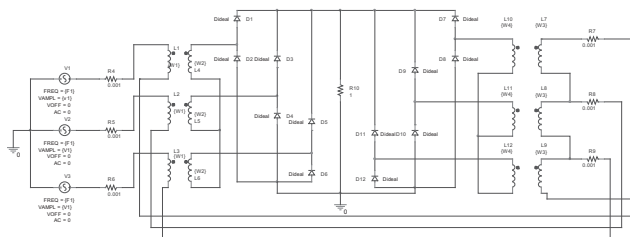


Рис.1 – Схема малоискажающего трансформаторно-выпрямительного устройства

Литература

1. Мыщк Г.С., Берилев А.С., Михеев В.В Поисковое проектирование устройств силовой электроники (трансформаторно-полупроводниковые устройства). М: Издательский дом МЭИ, 2010.-284с.

*К.А. Васильев, студ.; рук. М.Ю. Румянцев к.т.н., с.н.с.; В.Е. Машков
(НИУ «МЭИ», Москва)*

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЫ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА

В последние годы происходит активное развитие телеуправляемых подводных аппаратов (ТПА), предназначенных для выполнения различных научно-исследовательских работ. Выполнение работ на больших глубинах требует увеличения суммарной мощности токоприемников ТПА до нескольких десятков киловатт.

Одним из возможных вариантов увеличения мощности подводной части и повышения ее надежности является передача энергии по кабель-тросу на переменном токе повышенной частоты. Определяющими габаритами системы электропитания ТПА являются трансформаторы и дроссели, и с увеличением частоты массогабаритные показатели улучшаются.

В работе рассмотрена и проанализирована система электроснабжения ТПА, а также рассчитаны ее составные части [1]. В данной системе для выполнения задачи по обеспечению электроэнергией потребителей на ТПА используется мостовой инвертор, формирующий напряжение повышенной частоты, который затем подается на однофазный трансформатор, повышающий подаваемое напряжение [2]. Источником питания является переменная трехфазная промышленная сеть, подключаемая к рассматриваемой системе через мостовой трехфазный выпрямитель.

В системе электропитания, разработанной на кафедре ЭКАО и ЭТ, применяется актуальная элементная база на основе IGBT-транзисторов. Произведен расчет и моделирование электротехнической системы, позволившей получить достоверные значения и рассмотреть особенности системы электропитания переменного тока повышенной частоты. Проанализирован и оптимизирован принцип управления инвертора. Данный преобразователь увеличивает частоту до необходимых значений, позволяя оптимизировать массогабаритные показатели трансформатора. Это преимущество делает рассматриваемую электротехническую систему более предпочтительной по сравнению с известными системами переменного тока.

Литература

1. **Мелешин В.И.** Транзисторная преобразовательная техника, М.: Техносфера, 2015, 632 с.
2. **Стародубцев Ю.Н.** Теория и расчет трансформаторов малой мощности, М.: РадиоСофт, 2005, 320 с.

*Мьё Мин Тант, асп., А.В.Фёдоров, студ., Г.С.Мыцык, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

ВЕНТИЛЬНЫЙ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР НА БАЗЕ АКТИВНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ

В системах электроснабжения (СЭС) подвижных объектов источником электроэнергии являются, как правило, электрические машины (ЭМ) синхронного типа – синхронные генераторы (СГ). При применении СГ в летательных аппаратах к ним предъявляются требования бесконтактного возбуждения при высоких удельных показателях. На сегодня этим требованиям, а также технологичности изготовления в наибольшей мере удовлетворяют СГ с возбуждением от постоянных магнитов, которые обозначаются как магнитоэлектрические генераторы (МЭГ). Для стабилизации их выходного напряжения при возмущающих воздействиях по частоте вращения вала и по нагрузке используют комбинированные МЭГ (КМЭГ). На их роторе дополнительно к основному индуктору с постоянными магнитами устанавливают дополнительный индуктор (ДИ) с электромагнитным возбуждением (ЭМВ), выполняемый по схеме «сексин». Если КМЭГ выполняется в интегральном исполнении (совместно с выпрямительным блоком – ВБ), то он классифицируется как «Вентильный КМЭГ». Использование вместо ВБ активного выпрямителя (АВ), более обобщённо обозначаемого также как четырёхквadrантный преобразователь, позволяет упростить конструкцию МЭГ и повысить технологичность его изготовления путём отказа от ДИ. При этом функция стабилизации выходного напряжения передаётся АВ. Вопросы системного проектирования (СП) такого комплекса (МЭГ+АВ) в силу его новизны, по сути, не изучены, поэтому создание информационно-методического обеспечения (ИМО), необходимого для его СП, является актуальной задачей. Сформулированная задача решается (с определёнными допущениями) путём исследования комплекса МЭГ+АВ на основе имитационного компьютерного моделирования (ИКМ). На первом этапе для упрощения исследований в качестве ЭМ используется ИК модель СГ с ЭМВ (мощностью 3кВА). Исследуются зависимости параметров управления АВ, обеспечивающие стабилизацию постоянной составляющей выходного напряжения, от кратности изменения частоты вращения вала СГ и тока нагрузки. Определяются необходимые для расчёта характеристики вход-выход АВ по напряжению и по току. Представлены полученные результаты и сформулировано содержание последующих задач, подлежащих решению.

Литература

1. Мыцык Г.С., Мьё Мин Тант. К вопросу системного проектирования электротехнического комплекса «переменная скорость – постоянная частота. Электричество, №2, 2018. – С.34–42.

*Мьё Мин Тант, асп., А.Ю.Борисов, студ., Г.С.Мыцык, д.т.н., проф.
(НИУ МЭИ)*

О ВОЗМОЖНОСТЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ «ПСПЧ» – «ПЕРЕМЕННАЯ СКОРОСТЬ – ПОСТОЯННАЯ ЧАСТОТА»

На автономных подвижных объектах (АПО) первичным источником энергии является тяговый двигатель, чаще всего, с переменной частотой вращения вала. При создании систем электроснабжения (СЭС) для АПО в этом случае наиболее перспективным на сегодня решением задачи преобразования механической энергии в электрическую со стабилизированными напряжением и частотой является структура синхронный генератор (СГ) – преобразователь частоты (ПЧ), которая в обобщённом, и в более упорядоченном, компактном виде в [1] классифицируется как машинно-электронная генерирующая система (МЭГС) 2-го типа – МЭГС-2 (с учётом того, что термином МЭГС 1-го типа обозначаются более простые системы, ранее известные как «Вентильные генераторы»). Используемая здесь новая классификация МЭГС-1 более адекватно отражает техническое существо не только традиционных, но и новых решений, которые характеризуются использованием активных выпрямителей – АВ (на базе транзисторов) вместо пассивных – ПВ (на базе диодов). МЭГС-1 применяются как самостоятельно, так в составе МЭГС-2. В докладе систематизируются новые варианты МЭГС-1 и МЭГС-2, выполненные на базе как ПВ, так и АВ, которые характеризуются использованием при их структурно-алгоритмическом синтезе известного принципа многоканального преобразования (МКП) энергетического потока. Использование МКП позволяет улучшить электромагнитную совместимость силовых звеньев, их массогабаритные и энергетические показатели (при ослаблении их помехоизлучения), а также расширить диапазон МЭГС по мощности при использовании располагаемой (ограниченной по мощности) транзисторной элементной базы. Целью проводимых на кафедре ЭКАО и ЭТ поисковых работ является выявление перспективных решений систем двух рассматриваемых классов и создание информационно-методического обеспечения, которое необходимо для их системного проектирования. В качестве средства решения поставленной задачи в работе используется имитационное компьютерное моделирование. Приводятся полученные на его основе результаты исследования.

Литература

1. Мыцык Г.С. О некоторых результатах и проблемах системного подхода к поисковому проектированию машинно-электронных генерирующих комплексов автономных объектов. Труды н/т-й конф. «ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ», посвященная 125-летию академика В.С. Кулебакина. г.Москва, 1 ноября 2016г. – С.283÷291.

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

ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ГИСТЕРЕЗИСНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ КОНУСНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

Гистерезисный электропривод [1] с электродвигателями конусного исполнения перспективен при реализации прецизионных технологических и производственных систем химической, текстильной, пищевой и смежных с ними областей техники и отраслей промышленности. К таким системам, в частности, относятся высокотехнологичные электромехатронные системы – мотор-подшипники, объединяющие в своей структуре электропривод, газодинамическую опору и рабочую среду – раствор или расплав, необходимый для технологических или производственных процессов [2].

Новизна проведённых исследований основана на данных обзора и анализа проектно-конструкторских решений в области технологических и производственных машин и агрегатов рассматриваемых классов, подтвердивших основные тенденции развития электропривода механизмов из [2].

Личный вклад автора состоит в следующем:

- апробирование и отработка на основе базовых вариантов электроприводов методов и средств моделирования и проектирования гистерезисных электроприводов с электродвигателями конусного исполнения;
- расчётно-теоретические исследования электромагнитных и электромеханических процессов в базовых вариантах электроприводов;
- анализ и обобщение полученных в ходе исследований данных о характере изменения распределении индукции магнитного поля в конусных роторах гистерезисных электродвигателей в осевом направлении;

Перспективы использования полученных результатов обусловлены их реализацией на опытных и полномасштабных производствах. Эффективность гистерезисного электропривода с электродвигателем конусного исполнения подтверждена при практическом применении для ряда технологических и производственных машин и агрегатов химической и текстильной промышленности. Электропривод легко встраивается в структуры современных машин и перспективен при создании нового поколения машин химической, текстильной и смежных с ними отраслей.

Исследования, рассматриваемые в докладе, выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) по проектам 16-08-01101-а, 18-58-53047 ГФЕН-а.

Литература

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

А.В. Иванов, асп.; рук., А.Н.Соломин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ТЯГОВЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ СОВРЕМЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Одной из тенденций развития автомобильного транспорта и мобильных объектов специального назначения является переход на гибридные силовые установки и электрический привод колес.

Для этих целей применяются электропривода, выполненные на базе различных тяговых электродвигателей. К основным требованиям, предъявляемым к этим электродвигателям, относятся малые массогабаритные показатели, возможности эффективного управления электродвигателем с целью обеспечения широкого диапазона поддержания постоянства мощности при высоком КПД преобразования и др.

В настоящее время находят применение следующие типы тяговых электродвигателей: двигатели постоянного тока (трамваи, троллейбусы, электровозы и др.), асинхронные двигатели (электровоз Siemens, электромобили Tesla и др.), синхронный двигатель с постоянными магнитами (электромобиль BMW i3, гибридный автомобиль Lexus LS 600h, электропоезд Twindexx и др.), вентильные двигатели на базе синхронных реактивных машин (Land Rover Defender 110 опытный образец, карьерный погрузчик L-950 и др.), вентильные двигатели на базе индукторных машин с обмоткой возбуждения (НИР «Крымск», гусеничный трактор ТЭД-400, НТИ-350 для электропоезда и др.).

У каждого из указанных двигателей имеются свои особенности по обеспечению выполнения вышеперечисленных требований. Асинхронный тяговый двигатель потребовал решения вопроса отвода тепла от ротора, у синхронного двигателя с постоянными магнитами, как правило, широкий диапазон поддержания постоянства мощности обеспечивается при ослаблении поля в интервале высоких частот вращения, разработчики электроприводов на базе индукторных двигателей с обмоткой возбуждения реализовали полноценное векторное управление моментом и скоростью с возможностью бездатчикового управления.

На основе проведенного качественного сравнения последний из перечисленных типов тяговых электродвигателей был выбран автором в качестве объекта дальнейших исследований. Для применения в составе регулируемых электроприводов средней мощности (30 – 300 кВт) с учетом наличия трех каналов управления (по цепи питания, цепи возбуждения и по углу управления) этот тип электродвигателя является актуальным и перспективным.

*Д.А. Симачева, студ.; рук. А.В. Берилов, ст. преподаватель
(НИУ «МЭИ»)*

СТАТИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ТОКА В НАПРЯЖЕНИЕ ДЛЯ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

В настоящее время для электропитания ретрансляторов в оптоволоконных информационных сетях большой протяженности широко применяются преобразователи тока в напряжение, подключенные к кабельной линии постоянного тока. Использование такого типа электропитания для распределенных потребителей, находящихся друг от друга на значительных расстояниях, имеет место и в других областях.

В качестве основных преимуществ рассматриваемого типа электропитания можно указать следующие моменты:

- при передаче электроэнергии на значительное расстояние, в отличие от кабельных линий переменного тока, применение кабельной линии постоянного тока позволяет исключить потоки реактивной мощности в кабельной линии, соответственно уменьшить потери мощности в кабеле;
- возможность использования однопроводных кабельных линий при передаче электроэнергии рассматриваемым способом, что значительно снижает ресурсоемкость, в таком случае, вторым проводом является земля.

Следует отметить, что организация однопроводной кабельной линии позволяет даже при полном обрыве кабеля сохранить работоспособность всех потребителей, при условии электропитания кабеля с обоих концов.

Важным моментом, при рассматриваемом способе электропитания, является необходимость обеспечения полного отсутствия влияния режима работы самого преобразователя тока в напряжение, а также режима работы подключенного к нему потребителя, на ток в кабельной линии, в том числе и при выходе из строя преобразователя и/или потребителя. Преобразователь не должен требовать технического обслуживания, быть максимально надежным, обеспечивать гальваническое разделение входных и выходных цепей при высоком уровне потенциала кабельной линии относительно земли, обеспечивать возможность снятия и подачи напряжения на потребитель, в соответствии с командами управления, поступающими на него по информационному каналу.

Все упомянутые выше требования выполняются при определенной структурно-алгоритмической организации преобразователя постоянного тока в напряжение, что более подробно и будет рассмотрено в докладе.

*А. В. Марков, студ., А.П. Планкин, асп.; рук. М. Ю. Румянцев к.т.н.,
с.н.с. (НИУ «МЭИ»)»*

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОНОМНОЙ МИКРОТУРБИННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

В последнее время ведется активная разработка мини-ТЭЦ, с помощью которых можно получить электроэнергию заданного качества в удаленных регионах нашей страны в отсутствии центрального электроснабжения. В роли топлива для их работы можно использовать практически любой горючий материал.

В мини-ТЭЦ используются турбогенераторы (ТГ), работающие на частотах более 1 кГц. Кроме главных требований по прочности и надежности, предъявляемых к материалам в таких электрических машинах, добавляется вынужденное использование специального электронного преобразователя для бытовой сети.

В ходе работы над системой электроснабжения переменного тока на основе ТГ был спроектирован и рассчитан электронный преобразователь. Данный преобразователь представляет собой трехканальную систему, состоящую из трехфазного выпрямителя и однофазного мостового инвертора. Источником питания электронного преобразователя является девятифазный ТГ с возбуждением от постоянных магнитов.

В спроектированном электронном преобразователе используется актуальная на сегодняшний день элементная база на основе SiC полупроводников, обладающих повышенными частотными характеристиками. Исходя из результатов расчетов потерь на полупроводниках при разных частотах их работы и компьютерном моделировании, проведена оптимизация преобразователя, направленная на уменьшение массы и размеров выходного фильтра, и частоты коммутации ключей, которая ограничивается динамическими потерями и перегревом.

Е.В.Силкина, студ.;
рук. М.Г.Марков, уч.степень(к.т.н.), уч.звание(доц.)
(ИГЭУ, г. Иваново)

Разработка и исследование электрической части лазерных установок

Лазерные технологические установки получили широкое распространение в производстве для резки, сверления, сварки, пайки, закалки, обработки поверхностей, маркировки, гравировки, микрообработки, импульсного лазерного напыления, литография, регулировки.

В данной работе рассматривается электрическая часть лазерных технологических установок. Цель работы – исследование характеристик лазерных излучателей, построение их математических моделей.

Как показала практика, реальные характеристики лазерного излучателя часто не соответствуют номинальным параметрам, поэтому актуальна задача контроля параметров излучателей.

В докладе будут представлена экспериментальная схема, для снятия как статических вольт-амперных характеристики исследуемых элементов, так и для регистрации их изменения во времени. Результаты измерений загружаются в компьютер по последовательному интерфейсу, сохраняются в виде текстовых файлов и обрабатываются в программе Mathcad.

Новизна результатов состоит в том, что предложенные простые технические средства позволяют не только проверять соответствие излучателей заявленным характеристикам, но и прогнозировать изменение их характеристик во времени и выявлять потенциально ненадежные экземпляры.

Построенные математические модели могут быть использованы при разработке и математическом моделировании источников питания твердотельных лазеров. В дальнейшем планируется разработать блок питания, учитывающий выявленные в работе особенности исследованных лазерных излучателей.

Предложенное измерительное устройство, после соответствующей доработки, может быть встроено в лазерное технологическое оборудование, обеспечить непрерывный контроль излучателя, своевременное выявление его деградации и сообщать о необходимости замены, что позволит обеспечить стабильное качество работы лазерной технологической установки.

Секция 24

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

Руководитель секции: Курбатов Павел Александрович

Секретарь секции: Ерохина Екатерина Сергеевна

*Е.В. Коношенко, студ.; рук. С.В. Осипкин, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИНДУКТОРА

Развитие полупроводниковой техники повышает требование к качеству структуры непрерывнолитых кристаллов и стремится расширить ассортимент получаемых материалов, одновременно увеличить производительность устройств перемешивателя расплава. Качество непрерывнолитых заготовок зависит от большого количества технологических параметров литья, конструктивных параметров оборудования и т.д. Так как в процессе изготовления присутствуют процессы кристаллизации, усадочные и ликвидационные, то в макроструктуре сплава присутствуют дефекты, которые невозможно устранить даже при рациональных конструктивных и технологических параметрах.

Для получения технически чистых полупроводниковых кристаллов без примесей, систему электромагнитного перемешивателя расплава помещают на орбитальную высоту. Установка состоит из высокотемпературной печи и перемешивателя расплавов. Перемешиватель расплава представляет собой асинхронный двигатель, который состоит из статора-индуктора, вместо ротора — расплав. Расплав подается в капсуле при помощи установки барабанного типа.

В оболочке кристалла возникают такие дефекты слитка, как наружные поперечные и продольные трещины, поверхностные складки и ужимины, искажение профиля. Эффективным средством предотвращения названных дефектов является устройство ЭМП — электромагнитного перемешивателя расплава (фактически статор — индуктор асинхронной машины) [1].

В работе представлены результаты компьютерного моделирования.

В результате были получены зависимости напряженности электромагнитного поля в центре электромагнитного индуктора от углов раскрытия полюса и полюсного наконечника. Проведена оптимизация электромагнитного индуктора, связанная с расчетом оптимальных углов раскрытия полюса и полюсного наконечника, при которых получается минимальная потребляемая мощность электромагнитным перемешиванием расплава из питающей сети.

Литература

1. Власов Н.Н., Корроль В.В., Радя В.С. Разливка черных металлов: Справ. изд. – М.: Металлургия, 1987.-272 с.

*И.В. Родионов, студ.; рук. К.В. Крюков, ст. преп.
(НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВВОДА РЕЗЕРВА

Разработка модели автоматического выключателя для автоматического ввода резерва (АВР) требует грамотного подхода, поскольку от качества и параметров моделей зависит эффективность работы устройства и простота его программирования под заданные задачи.

Основными параметрами разработки модели автоматического выключателя для АВР являются:

- наличие или отсутствие приводного механизма (мотор-привода);
- диапазон регулировки «отключения/включения» выключателя по напряжению, току и частоте;
- время коммутации выключателя.

Для реализации моделей АВР требуется знать параметры:

- количеству питающих вводов;
- количество потребителей и их требованию к категории надежности электроснабжения;
- наличие или отсутствие резервного автономного источника питания;
- возможность управления АВР в ручном режиме;
- возможность диагностики коммутационного аппарата (включен/отключен/готов к работе).

В работе представлена логическая модель автоматического выключателя Етах. Для организации автомата использовалась теория абстрактных конечных автоматов (КА). Для построения использовались две базовые модели КА, функционально аналогичные: автомат Мура и автомат Мили.

Была создана структурная схема управляющего автомата с жесткой логикой, которая состояла из двух этапов абстрактного и структурного синтеза. На этапе абстрактного синтеза по алгоритму строилась таблица переходов и системы выходных функций. На этапе структурного синтеза строилась логическая схема управляющего автомата.

На основе логической модели автоматического выключателя была создана модель выключателя в программе Matlab Stateflow. Создан модуль для разработки программ на базе ПЛК для реализации моделей АВР.

*О.О. Завьялов, студ.; рук. Е.П. Курбатова, к.т.н., ст. преп.
(НИУ «МЭИ»)*

СРАВНЕНИЕ МАГНИТНОЙ ЛЕВИТАЦИИ ОБЪЕМНЫХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ И ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВЕРХПРОВОДНИКИ ЛЕНТ 2-го ПОКОЛЕНИЯ

В настоящее время интенсивно разрабатываются технические устройства на основе высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП), имеются значительные достижения в технологии создания сильноточных материалов для ВТСП с плотностью критического тока 500 А/мм^2 при температуре 77К и захваченных магнитным полем более 1 Тл. Главные направления исследований ВТСП электроэнергетических устройств следующие: ВТСП подвесы; силовые кабели, транспортировка энергии; ВТСП ограничители тока короткого замыкания, организация защиты энергосетей; ВТСП машины и трансформаторы.[2]

Существует два типа ВТСП материала – объемные структуры и ВТСП ленты. В 2003 году была показана возможность использования объемного ВТСП магнита для создания магнитных полей выше 17 Тл при температуре 29 К.[1]

В настоящее время для магнитных подвесов на основе эффекта магнитной левитации используются объемные ВТСП материалы с «вмороженным» полем или охлажденные вне магнитного поля, т.е. с нулевым магнитным полем. Однако с учётом более развитой технологии производства ВТСП лент 2-го поколения, возникает интерес к ее применению в устройствах с магнитной левитацией.[3]

В работе представлены результаты компьютерного моделирования и сравнение эффекта магнитной левитации при взаимодействии постоянного магнита с объемным сверхпроводником и с ВТСП лентой.

Литература

1. **Шафиков Ф.Ф.** Изготовление и исследование характеристик модельного магнита на основе ВТСП ленты. Казань 2015 г.
2. **Матеев В.А., Маевский В.А., Асеев В.В., Ивлев А.С., Сысоев М.А.** Применение объёмных высокотемпературных сверхпроводников в перспективных космических системах. // Вестник МГТУ им. Баумана. 2016 г.
3. **Felipe Sass, Guilherme Gonçalves Sotelo, Alexander Polasek, and Rubens de Andrade, Jr.** Application of 2G-Tape for Passive and Controlled Superconducting Levitation // IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 21, no. 3, pp. 1511–1514, 2011.

*А.В. Шварова, студ.; рук. Е.П. Курбатова, к.т.н., ст. преп.
(НИУ «МЭИ»)*

ДЕМПФИРОВАНИЕ ВИБРАЦИЙ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ СВЕРХПРОВОДНИКОВОМ ПОДВЕСЕ

Эффект магнитной левитации с использованием сверхпроводящих материалов тщательно изучается с целью будущего применения для магнитных подшипников или так называемых MagLev — транспортных систем на основе магнитной левитации. Первые образцы системы уже созданы и применяются. Самым известным примером подобной системы является японская линия Яманаси MagLev, установившая мировой рекорд скорости для поездов (581 км/ч). Благодаря отсутствию трения, эти инновационные поезда являются не только самыми быстрыми в мире, но также энергетически эффективными и бесшумными.

Тем не менее существует определенная сложность в реализации устойчивой левитации, не зависящей от внешних воздействий. Устройство MagLev на основе высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) как правило имеет трехслойную структуру и состоит из ВТСП-блоков (средний слой) и постоянных магнитов (ПМ - верхний и нижний слой). Вибрация в продольном направлении пластины ПМ (нижнего слоя) гасится между нижним и средним слоями, а передача вибрации в направлении, перпендикулярном продольному, гасится между средним и верхним слоями [1]. Необходимость демпфирования систем с ВТСП подвесом связана с отсутствием потерь в таких системах. Это приводит к тому, что возникающие в процессе работы устройства колебания и вибрации не затухают в ней с течением времени. В особенности, незатухающие вибрации проявляются в магнитных подвесах, работающих в вакууме, например в кинетических накопителях энергии [2].

В работе представлен обзор существующих систем демпфирования вибраций в подвесах на основе ВТСП, и проведено компьютерное моделирование одной из представленных систем.

Литература

1. **M. Tsuda, T. Kojima, T. Yagai, and T. Hamajima**, “Vibration characteristics in magnetic levitation type seismic isolation device composed of multiple HTS bulks and permanent magnets,” *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 17, no. 2, pp. 2059–2062, 2007.
2. **Jiqiang Tang, Kuo Wang, Biao Xiang**, “Stable Control of High-Speed Rotor Suspended by Superconducting Magnetic Bearings and Active Magnetic Bearings,” *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 64, no. 4, pp. 3319–3328, 2017.

А.В. Захарычев, студ.; рук. Н.А. Ведешенков, доц. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗНЫХ ТИПОВ ДУГОГАСИТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМ КОНТАКТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА**

При размыкании главных контактов электрического аппарата возникает электрическая дуга. Для электрических аппаратов явление электрической дуги является вредным, поэтому для гашения возникающей дуги применяют специальные дугогасительные устройства. Данная работа посвящена исследованию физических явлений, сопровождающих процесс гашения дуги в контакторах постоянного тока с применением комбинированной системой гашения дуги, состоящей из ферромагнитных скоб и постоянных магнитов, заключенных между ферромагнитными щечками.

Объектом исследования является контактор АBB GA-75-10, коммутирующий постоянный ток, на двух полюсах которого установлены постоянные магниты по одному на каждый разрыв, а на двух других разрывах – ферромагнитные скобы.

Конечной целью исследования является анализ эффективности работы комбинированной системы гашения электрической дуги постоянного тока, а также оценка границ её применимости.

В работе были проведены теоретические расчеты, математическое моделирование и множественные практические испытания рассматриваемого контактора при различных условиях, цель которых заключалась в выявлении физических явлений, происходящих в ходе горения дуги, а также степень влияния каждого фактора на гашение электрической дуги [1].

Цели теоретических расчетов: расчет токоведущих частей и контактной системы и расчет дугогасительной системы.

Цели математического моделирования: расчет силы, действующей на дугу, определение температуры контактной системы в номинальном режиме и режиме редких коммутаций.

Практическая часть заключалась в исследовании возможностей отключения данного контактора при изменении тока нагрузки, оценка производится по величине перенапряжения и по длительности процесса отключения. Также в работе изучалась степень влияния различных составляющих дугогасительной системы. Таким образом, был исследован принцип гашения электрической дуги постоянного тока комбинированной системой дугогашения, была проведена оценка целесообразности использования ферромагнитной скобы и постоянных магнитов и их вклада в процесс горения и гашения дуги.

Литература

1. Буткевич Г.В. Дуговые процессы при коммутации электрических цепей. М.: Высшая школа, 1967.

*Д.А. Сидорова, студ.; рук. П.А. Дергачев, ст. преп.
(НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНДУКЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Принцип работы индукционной системы с диском основан на взаимодействии переменного магнитного потока с током трансформации, вызванным индуцируемой в диске ЭДС трансформации [1, 2].

Укрепленный на одной оси с указательной стрелкой алюминиевый диск помещается между электромагнитами таким образом, что их магнитные потоки, пронизывая диск, индуцируют в нем ЭДС и токи. Взаимодействие между индуцированными токами и переменными потоками электромагнитов вызывает вращение диска.

Индукционные системы разделяются на однопоточные (рис. 1), вращающий момент которых создается взаимодействием одного потока и тока, и многопоточные (рис. 2), вращающий момент которых создается взаимодействием нескольких (не менее двух) потоков и токов.

В многопоточной системе при движении диска под действием вращающего момента в нем индуцируется ЭДС генерации (резания), обусловленные пересечением диском магнитных потоков Φ_1 и Φ_2 . Направление этих ЭДС определяется правилом правой руки, а значение – значением пронизывающего диск потока Φ , расположение потока относительно диска и угловой скорости вращения диска ω_d [2].

В работе представлены результаты компьютерного моделирования. Проведен сравнительный анализ влияния различных факторов на работоспособность системы.

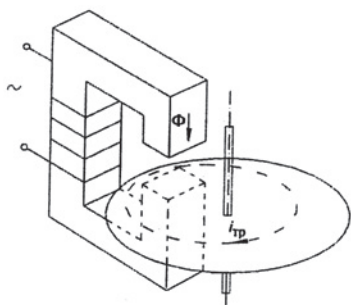


Рис. 1. Однопоточная индукционная система

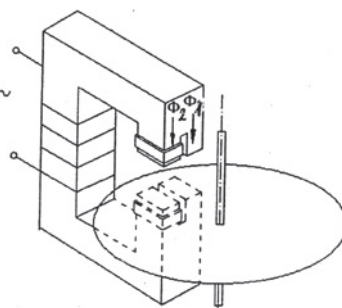


Рис. 2. Многопоточная индукционная система

Литература

1. Курбатов П.А. (ред.) Основы теории электрических аппаратов – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2015.
2. Шоффа В.Н., Савальев А.В. Сборник задач и упражнений по электромагнитным явлениям в электрических аппаратах / под ред. С.Ю. Рыжова. – М.: Издательство МЭИ, 1995/ С/ 44-59/

А.Ю. Верстунин, студ.; рук. Н.А. Ведешенков, доц. (НИУ «МЭИ»)
**ДУГОГАСИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА
 С ФЕРРОМАГНИТНОЙ СКОБОЙ В КОНТАКТОРАХ
 ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

При размыкании контактов коммутационного аппарата возникает электрическая дуга, негативно сказывающаяся на работе устройства. Для того чтобы обезопасить устройство от негативных последствий дуги, используют специальные дугогасительные устройства, например, ферромагнитную скобу, которая была разработана еще в первой половине двадцатого века, но механизм ее работы не был объяснен до сих пор.

Объектом исследования является контактор АВВ А95.

В данной работе рассматривается корреляция параметров ферромагнитной скобы ($V_{ск}$, $V_{ск}$) от номинала тока аппарата (рис. 1), выявляется характерная зависимость параметров ферромагнитной скобы от номинала тока аппарата, для дальнейшей систематизации и применения этих данных в проектировании дугогасительных систем данного типа.

Были проведены практические и теоретические исследования с целью описания принципа дугогашения с ферромагнитной скобой и системы с постоянными магнитами и немагнитной скобой, а также определения степени влияния различных физических процессов на гашение дуги [1].

Так как объем дуги представляет собой плотность материи, имеет смысл использовать дополнительные средства, увеличивающие градиент диффузии из центра ствола дуги.

В данной работе исследуется роль влияния дугогасительной системы с постоянными магнитами и немагнитной скобой на процесс гашения электрической дуги (рис. 2) с целью проверки степени влияния постоянных магнитов на движение элементарных зарядов и последующей их рекомбинации на немагнитном третьем теле.

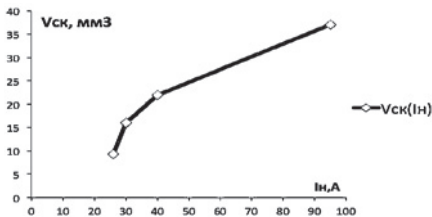


Рис. 1. Изменение параметров ферромагнитной скобы от номинала аппарата



Рис. 2. Дугогасительная система с постоянными магнитами и немагнитной скобой

Литература

1. А.М. Залесский. Электрическая дуга отключения М.: ГЭИ, 1963.

*Н.А. Сабайкин, студ.; рук. С.В. Осипкин, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ БОРТОВОЙ СЕТИ

В современном мире полупроводниковые приборы плотно вошли в нашу жизнь. Одним из многочисленных устройств на базе полупроводников является инвертор напряжения (ИН), преобразующий энергию постоянного тока в энергию переменного. Системы, построенные на основе ИН, находят широкое применение: источники бесперебойного питания для ответственных потребителей; управление электроприводами; бортовые системы электроснабжения подвижных объектов.

В работе была рассмотрена схема трёхфазного инвертора напряжения, применяемая в условиях, где необходимы высокие массогабаритные требования и малое содержание высших гармоник. На вход однофазного высокочастотного инвертора напряжения подаётся постоянное напряжение 27 В, его высокая частота позволит снизить габариты и массу следующего за ним трансформатора, необходимого для повышения уровня входного напряжения. Далее напряжение подаётся на выпрямитель, а затем во избежание искажений поступает на Г-образный LC-фильтр. Следом подключается низкочастотный трехфазный инвертор напряжения, на выходе которого формируется требуемое напряжение. Для обеспечения требуемого качества напряжения на выходе стоит 2-ой Г-образный сглаживающий LC-фильтр. Регулирование напряжения осуществляется в однофазном инверторе широтным способом и в трехфазном инверторе путем сравнения пилообразного сигнала с трапецеидальным [1], [2].

В работе представлены результаты компьютерного моделирования. Проведены расчёты рабочих режимов для двух частот (50 и 400 Гц).

Рассмотрено две модели: в первой регулирование напряжение производилось только в высокочастотном инверторе, во второй – в высокочастотном инверторе и в трехфазном инверторе. Сделана оценка эффективности систем. Проанализированы способы регулирования выходного напряжения инвертора.

Литература

1. **Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В., Кваснюк А.А.** Силовая электроника: учебник для вузов / 2-е изд., стереотипное. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 632 с.
2. **Мызык Г.С.** Методология структурно-алгоритмического синтеза и анализа малоискажающих устройств силовой электроники для электротехнических комплексов автономных объектов: 05.09.12 - Силовая электроника; 05.09.03 - Электротехнические комплексы и системы: Дис. док. техн. наук/ Г.С. Мызык МЭИ (ТУ). 2001.-520с.

О.Г. Евдокимова, студ.; рук. М.Г. Лепанов, ст. преп.
(НИУ «МЭИ»)

РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ИНДУКТИВНОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ

В электроэнергетических системах накопление энергии имеет широкое применение, так как вносит большой вклад в надежность электроснабжения, интеграцию возобновляемых источников энергии, а также обеспечение качества электроэнергии. Накопители электрической энергии на базе сверхпроводящего индуктивного накопителя (СПИН) имеют ряд достоинств: быстрое время отклика, низкие потери во время фаз заряда и разряда, высокую передаваемую мощность, высокую эффективность накопления энергии и длительный срок службы [1].

Регулятор мощности для СПИН (рис. 1) осуществляет управляемую двунаправленную передачу мощности между накопителем и сетью и обеспечивает независимое регулирование активной и реактивной мощности. Базовая схема регулятора состоит из трансформатора, четырехквadrантного преобразователя напряжения и двухквadrантного DC/DC-преобразователя (прерывателя). Управление током на выходе AC/DC-преобразователя происходит посредством ШИМ напряжения, а фильтрокомпенсирующее устройство необходимо для подавления модуляционных гармоник. Конденсатор (C) формирует звено постоянного тока и используется как промежуточный накопитель энергии. DC/DC-регулятор обеспечивает режимы заряда, хранения энергии и разряда накопителя. Регулирование тока катушки (L) осуществляется за счет обмена энергией с накопительным конденсатором посредством импульсного управления транзисторами $S1$, $S2$.

В работе исследовались функциональные возможности и режимы работы регулятора. Рассматривались особенности реализации систем управления. Проанализированы достоинства и недостатки регулятора.

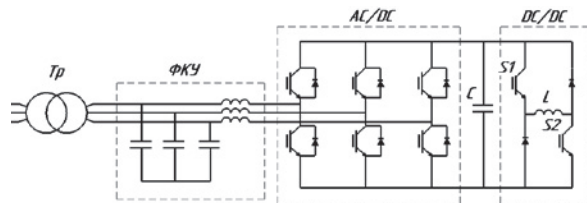


Рис. 1. Регулятор мощности на основе преобразователя напряжения (AC/DC) и импульсного регулятора постоянного тока (DC/DC)

Литература

1. Jin J.X. Emerging SMES Technology into Energy Storage Systems and Smart Grid Applications. // Large Scale Renewable Power Generation. 2014. P. 80.

*Ю.С. Думчева, студ.; рук. О.Н. Молоканов, ст. преп.
(НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОСКОРОСТНОГО ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ВОЛНОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

В настоящее время получение электрической энергии обеспечивается за счет ископаемых органических ресурсов: нефти, угля и природного газа. Однако эти ресурсы ограничены и, вместе с этим, их использование и отходы ухудшают экологию. Это привело к необходимости широкого освоения альтернативных источников получения электроэнергии. Наряду с другими возобновляемыми источниками энергии, энергия волн обладает большей удельной мощностью и поэтому изучение волновых электростанций наиболее перспективно.

В работе рассмотрены различные технологий преобразования волновой энергии, приводится обзор уже построенных или находящихся на стадии разработки волновых электрических систем, например такой, как линейная машина с постоянным магнитным полем (FSPMLM). [1]

Эти системы обычно включают в себя редуктор или гидравлическую систему для соединения медленно движущегося первичного двигателя с обычной высокоскоростной вращающейся машиной, такой как индукционная машина. [2]

В работе была построена и рассчитана модель низкоскоростного линейного электрического генератора в программном комплексе COMSOL (рис. 1), приведены результаты численного моделирования. Рассчитаны его удельные показатели и проведено сравнение с известными решениями в этой области. Проанализированы достоинства и недостатки.

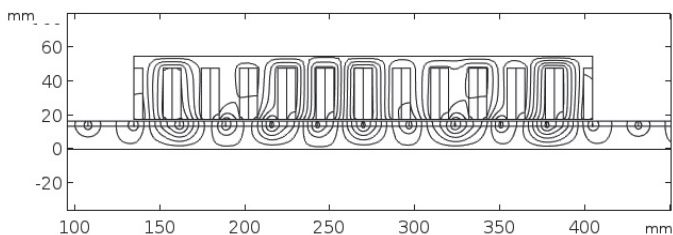


Рис. 1. Намагниченность низкоскоростного линейного генератора

Литература

1. **M. J. Jin, C. F. Wang, J. X. Shen, and B. Xia**, A modular permanentmagnet flux-switching linear machine with fault-tolerant capability // *IEEE Trans. Magn.*, vol. 45, no. 8, pp. 3179–3186, Aug. 2009.
2. **Neil Hodgins, Ozan Keysan, Alasdair S. McDonald, and Markus A. Mueller** Design and Testing of a Linear Generator for Wave-Energy Applications // *IEEE Trans. on industrial electronics*, vol. 59, no. 5, may 2012.

*Е.С. Ерохина, асп.; рук. Ю.К. Розанов, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

УПРАВЛЕНИЕ РЕГУЛЯТОРАМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА В СКОЛЬЗЯЩЕМ РЕЖИМЕ

Регуляторы постоянного тока относятся к релейным силовым электронным устройствам. Например, математическая модель понижающего регулятора (рис. 1) постоянного тока выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} \frac{dI_L}{dt} = -\frac{1}{L}U_C + u\frac{E}{L}; \\ \frac{dU_C}{dt} = \frac{1}{C}I_L - \frac{1}{RC}U_C; \end{cases} \quad (1)$$

где E – входное напряжение регулятора; C – емкость конденсатора; L – индуктивность дросселя; R – сопротивление нагрузки; I_L – ток, протекающий через дроссель; U_C – выходное напряжение регулятора (напряжение на конденсаторе); u – переключающая функция, имеющая вид:

$$u = \begin{cases} 1, \text{ транзистор VT открыт;} \\ 0, \text{ транзистор VT закрыт;} \end{cases} \quad (2)$$

Целью регулирования является достижение постоянного выходного напряжения, равного требуемому значению U_{C0} . В качестве метода управления системой используется скользящий режим – режим, в котором точка, описывающая поведение системы, скользит по линии переключения к началу координат, где ось абсцисс является ошибкой регулирования, а ось ординат – ее производной [1]. При этом применяется управление по току I_L : текущее значение тока дросселя должно быть равно требуемому I_{L0} [2, 3], которое рассчитывается из уравнений, описывающих регулятор.

В работе сделаны модели понижающего, повышающего и инвертирующего регуляторов в скользящем режиме работы в программном комплексе Matlab Simulink. Было показано, что при изменении входного напряжения система поддерживает требуемое значение выходного напряжения.

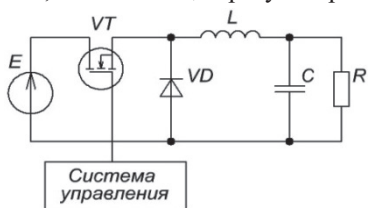


Рис. 1. Схема понижающего регулятора

Литература

1. Розанов Ю.К., Воронин П.А., Рывкин С.Е., Чаплыгин Е.Е. Справочник по силовой электронике. – М.: Издательский дом МЭИ, 2014.
2. V. Utkin. Sliding mode control of DC/DC converters. // Journal of the Franklin Institute. – Vol. 350. – October 2013. –pp. 2146-2165.
3. Y.M. Alsmadi, V. Utkin, M.A. Haj-ahmed, L. Xu. Sliding mode control of power converters: DC/DC converters. // International Journal of Control. – Vol. 91. – 2018.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА РЕГУЛЯТОРА ПОТОКОВ МОЩНОСТИ ДЛЯ ВОЛНОВОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА БАЗЕ КОММУТИРУЕМЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Из-за влияния топливно-энергетического комплекса в настоящее время как никогда важны экологические проблемы. Это дает толчок развитию технологий использования альтернативных источников возобновляемой энергии. Энергия волн является перспективным источником энергии, мощность которого исчисляется тераваттами [1].

Простейшей формой передачи энергии в преобразователе энергии волн является прямой привод. В ней механическая система отбора мощности напрямую связана с линейным электрическим генератором [2], который имеет значительную внутреннюю индуктивность, ограничивающую отбираемую от него мощность. Помимо этого, напряжение и частота на выходе генератора изменяются, что обуславливает наличие согласующих устройств при подключении генератора к промышленной сети.

В качестве такого устройства может использоваться корректор коэффициента мощности на базе неуправляемого выпрямителя и повышающего импульсного регулятора.

Для повышения эффективности корректора коэффициента мощности, предложено использовать батарею конденсаторов, имеющую несколько ступеней, подключаемых между выходом генератора и входом пассивного выпрямителя. При этом, система управления должна переключать компенсирующие емкости в зависимости от частоты напряжения на конденсаторах, а также генерировать такие импульсы управления транзистором регулятора, чтобы обеспечивать форму потребляемого тока, близкую к форме ЭДС генератора, и получать стабильное напряжение на нагрузке.

В работе представлены результаты компьютерного моделирования, исследованы различные режимы работы линейного генератора. Также, был разработан макет платы управления переключающимися конденсаторами и проведено исследование эффективности созданного регулятора.

Литература

1. **Hosna Titah-Benbouzid, Mohamed Benbouzid.** An Up-to-Date Technologies Review and Evaluation of Wave Energy Converters. international review of electrical engineering-ire, 2015, 10 (1), pp.52-61.
2. **Huber, L.; Yungtaek Jang; Jovanovic, M.M.,** "Performance Evaluation of Bridgeless PFC Boost Rectifiers," Power Electronics, IEEE Transactions on, vol.23, no.3, pp.1381,1390, May 2008

*И.Н. Полоник, студ.; рук. О.Н. Молоканов, ст. преп.
(НИУ «МЭИ»)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С ИНТЕГРИРОВАННЫМ МАГНИТНЫМ РЕДУКТОРОМ

Обычные передачи зацепления, в основе работы которых лежит физический контакт между элементами зубчатой пары, не могут обеспечить высокой точности. Для увеличения кинематической точности и перегрузочной способности используется бесконтактный магнитный принцип передачи вращения без физического контакта между элементами пары. Использование магнитного зацепления дает большие преимущества по сравнению с обычным зацеплением (высокая кинематическая точность, отсутствие люфтов, высокая стойкость и долговечность, отсутствие смазки и отсутствие ударов при ускорениях) [1], [2].

В работе выполнено моделирование в среде Comsol Multiphysics и рассчитаны характеристики двигателя с интегрированным магнитным редуктором. В результате расчётов было показано, что момент двигателя, отнесённый к объёму активных материалов, в 2–3 раза превышает аналогичный показатель для синхронных двигателей с постоянными магнитами.

Строение электродвигателя с встроенным магнитным редуктором представлено на рис. 1

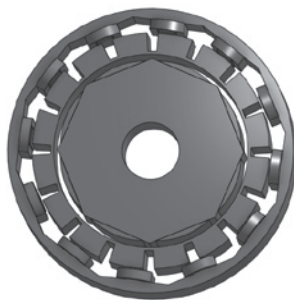


Рис. 1. Электродвигатель с встроенным магнитным редуктором

Литература

- 1. Rasmussen P.O., Frandsen T.V., Jensen K.K.** Experimental Evaluation of a Motor Integrated Permanent Magnet Gear // Aalborg University DK 9220, 2011.
- 2. Jonson M., Shapoury A., Toliyat H.A.** Review of Magnetically Geared Motors // Texas A&M University, 2014.

А.В. Тойватров студ.; рук. Н.А. Ведешенков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПОСТОЯННОГО
МАГНИТА ПРИ ГАШЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ**

Для проведения опытов выбран контактор ПМЕ-211, который был частично модернизирован для возможности его применения совместно с постоянными магнитами. Благодаря конфигурации токоведущего контура, присущего данному контактору, удалось создать необходимые условия, поместив постоянные магниты в форме «таблетка» под неподвижные контакты. Такое расположение магнитов позволило оценить влияние поля на процессы гашения дуги.

Целью данной работы являлось продемонстрировать значительное повышение эффективности работы контактора, в котором не применяется дугогасительная система, с использованием полученных теоретических знаний и проводимых экспериментов.

В рамках данной работы проводилось более глубокое исследование факторов, влияющих на процессы протекающие в электрической дуге, таких как:

- абсолютное значение величины поля постоянного магнита (по 2 постоянных магнита под каждым полюсом);
- топология картины поля постоянного магнита;
- характер направленности поля постоянного магнита;
- усиление радиальной составляющей поля постоянного магнита применением ферромагнитного пояса окружающего контакт.

Изучено поведение дуги постоянного тока под действием осевой и радиально составляющих поля постоянного магнита, динамика её гашения. Рассмотрены внутренние процессы протекающие в электрической дуге постоянного тока при действии постоянного магнита[1].

Проведён поиск оптимальных параметров поля для обеспечения эффективного гашения дуги постоянного тока и проверка применимости последних в цепи переменного тока, а также проверка применимости полученных результатов на других моделях контакторов со схожей конфигурацией токоведущей системы.

Литература

1. **Залесский А.М.** Электрическая дуга отключения [серия монографий по электрическим аппаратам]/ А.М. Залесский; под редакцией проф. А.М. Залесского - Москва: государственное энергетическое издательство 1963
2. **Дудышев В.Д.** Явления вращения и выталкивания электрической дуги в магнитном поле постоянного магнита - «Новые экологические и энергетические технологии 21 века», апрель, 2007г.

*Д.С. Чекалин, студ.; рук. К.В. Крюков, ст. преп.
(НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОГО ИНВЕРТОРА ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Сейчас особенно популярной становится энергия солнца, а именно преобразование её в электроэнергию с помощью полупроводникового фотоэлектрического преобразователя (ФЭП). Основными электронными преобразователями, обеспечивающие необходимые параметры электрической энергии для питания нагрузки переменного тока, являются: инвертор, регулятор и фильтр [1].

В данной работе была разработана система управления мостовым инвертором, которая включала в себя физическую часть (обвязку микроконтроллера) и программную часть, формирующую закон управления ключами инвертора. А также сконструирован пассивный LC-фильтр.

Система управления была спроектирована и реализована на базе микроконтроллера (МК) ATmega16. В данной системе обвязка МК выполняет такие роли как: индикация работы, загрузка программы в МК, помехозащищенность, обеспечение возможности внедрения обратной связи.

МК был запрограммирован на формирование сигнала управления инвертором, а именно однополярного ШИМ сигнала, который был реализован с помощью встроенного в МК таймера [2]. Также, подавая изменяемое напряжение на аналоговый вход МК, возможно управлять амплитудой выходного напряжения инвертора.

При проектировании LC-фильтра был выбран требуемый коэффициент гармоник – 2%. Далее с помощью программного комплекса Matlab Simulink были подобраны значения, удовлетворяющие необходимому коэффициенту гармоник.

Литература

1. **Розанов Ю.К.** Силовая электроника: учебник для вузов / Розанов Ю.К., Рябчинский М.В., Кваснюк А.А. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 632 с.: ил.
2. **Евстифеев А.В.** Микроконтроллеры AVR семейства MEGA // Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя. -М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. - 592 с: ил.

*В.П. Федосеева, студент; рук. М.С. Сайкин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, Иваново)*

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТОЖИДКОСТНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВИБРАЦИЙ

Для диагностики вибраций машин и механизмов разработано магнито-жидкостное устройство [1]. Оно состоит из полого цилиндрического корпуса, внутри которого находится инерционный элемент в виде кольцевого постоянного магнита и магнитной жидкости. На поверхности корпуса расположена измерительная обмотка. В крышках корпуса, имеющих возможность осевого перемещения, находятся постоянные магниты, направленные одноименными полюсами к полюсам инерционного элемента.

Цель исследований заключалась в определении силы взаимодействия между одноименными полюсами инерционного элемента и магнитами, расположенными в крышках корпуса.

На первом этапе работы проводилось численное исследование распределения магнитной индукции между обращенными друг к другу кольцевыми постоянными магнитами из сплава самарий-кобальт с размерами: $K32 \times 18 \times 5$, $K17,1 \times 10 \times 11$, $K11 \times 6 \times 2,5$. Величина остаточной индукции магнитов $B_r = 0,95$ Тл и коэрцитивной силы $H_c = 680$ кА/м. Для проведения исследований использовался пакет FEMM. Распределение магнитной индукции определялось на расстоянии $0,1D - D$ от поверхности магнита с шагом $0,1D$, где D – наружный диаметр кольцевого постоянного магнита.

На втором этапе работы были проведены экспериментальные исследования силы взаимодействия между постоянными магнитами на стенде, в состав которого входят электронные весы ВНМ-3/6 [2]. На основании численных и экспериментальных исследований получены зависимости силы взаимодействия магнитов от расстояния между ними.

Результаты исследований показали, что величина погрешности расчётных и экспериментальных результатов находится в пределах 12 – 30%.

Магнито-жидкостное устройство для измерения вибраций предназначено для работы при ускорениях 0,2-300g и диапазоне частот 4-2000 Гц.

Литература

1. Сайкин М.С., Федосеева В.П. Устройство для измерения вибраций. Патент на полезную модель, Российская Федерация N 184838 RU, МПК G01H 11/02, Приоритет от 12.07.2018, опубл. 12.11.2018, Бюл. N 32.

2. Лагуткина Д.Ю., Сайкин М.С. Устройство для определения силы взаимодействия между постоянными магнитами. Патент на полезную модель, Российская Федерация N 172496 U1, МПК G01R 33/12, Приоритет от 12.10.2016, опубл. 11.07.2017, Бюл. N 20.

Д.В. Трофименков, студ.; рук. М.Г. Киселев, доц. (НИУ «МЭИ»)
**АЛГОРИТМ РАБОТЫ БЛОКА СИНХРОНИЗАЦИИ
 РЕГУЛИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА АСИНХРОННОГО
 ГЕНЕРАТОРА**

Задачей силового электронного регулятора является обеспечение требуемого значения выходного напряжения и частоты вращения магнитного поля статора асинхронного генератора (АСГ). Для пуска и дальнейшего регулирования напряжения АСГ требуется вычислять реактивную мощность. В процессе работы меняется частота выходного напряжения, поэтому в системе управления следует использовать алгоритм синхронизации с фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ) [1]. Блок-схема алгоритма синхронизации приведена рис. 1

В начале работы блока происходит преобразование трехфазной стационарной системы координат (abc) в двухфазную вращающуюся систему dq -координат с синхронизацией частоты [2]. Полученная q -составляющая, подается на вход ПИ-регулятора. В качестве синхронизирующих сигналов при abc/dq -преобразовании используются единичные гармонические сигналы $\sin(\omega t + \phi)$ и $\cos(\omega t + \phi)$ с текущими частотой и фазой напряжения сети. В результате работы ПИ-регулятора начальная фаза и частота синхронизируемых сигналов становятся равными начальной фазе и частоте напряжения фазы А сети. На выходе блок-схемы ФАПЧ формируются единичные гармонические сигналы, совпадающие по фазе с напряжением на выходе АСГ.

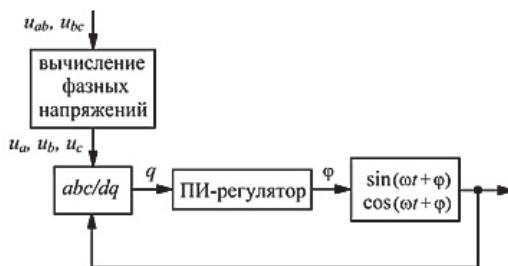


Рис. 1. Структурная схема алгоритма синхронизации

В работе были представлены результаты компьютерного моделирования в программном комплексе Matlab. Рассмотрен алгоритм синхронизации сигналов в блок-схеме ФАПЧ.

Литература

1. **Розанов Ю.К.** Силовая электроника для управления качеством электрической энергии. Deutschland - Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015.
2. **Ель Алами А., Киселев М.Г.** Силовой электронный регулятор напряжения асинхронного генератора ветроэнергетических установок // Электричество. 2016. № 3. с. 43-47.

А.С Попов, студ.; рук. М.Г. Лепанов, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)
**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНОГО ГИБРИДНОГО
 ФИЛЬТРА ВЫСШИХ ГАРМОНИК**

Гибридный фильтр выполняет функцию повышения качества электроэнергии за счет уменьшения амплитуды высших гармоник сети. Устройство состоит из резонансного пассивного фильтра и транзисторного преобразователя (активной части) с управлением методом широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Система управления гибридным фильтром (рис. 1) формирует сигнал задания, соответствующий требуемому напряжению на выходе трехфазного преобразователя [1]. Входным сигналом является измеренный ток сети, из которого необходимо выделить высшие гармоники. Алгоритм управления основан на представлении трехфазного сигнала в синхронных (вращающихся) координатах (преобразование abc/dq). При синхронизации на частоте сети постоянная составляющая тока в dq -координатах соответствует основной гармонике. Выделение постоянных составляющих (I_{d^-} и I_{q^-}) выполняют фильтры низких частот (ФНЧ). Далее вычисляются переменные составляющие ($I_{d\sim}$, $I_{q\sim}$), которые определяют все высшие гармоники тока сети. После обратного преобразования координат (блок dq/abc) трехфазный сигнал тока здания поступает на пропорциональный регулятор. Полученный сигнал задания по напряжению подается на блок ШИМ, формирующий импульсы управления транзисторами преобразователя.

В программе MatLab/Simulink была разработана имитационная модель гибридного фильтра, продемонстрировавшая высокую эффективность устройства в различных режимах работы.

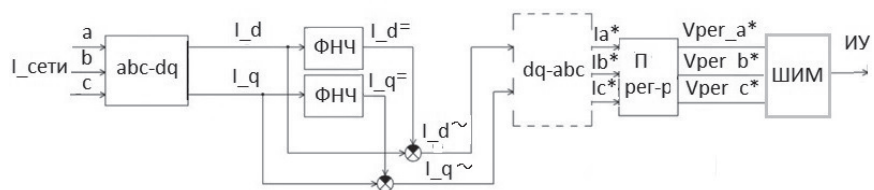


Рис. 1. Система управления трехфазного гибридного фильтра

Литература

1. **Гринберг Р.П.** Разработка регулятора пассивных фильтров для систем электроснабжения. – диссертация, Москва «МЭИ» 2005.

Секция 25

ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИКА

Руководитель секции: Анучин Алексей Сергеевич

Секретарь секции: Благодаров Дмитрий Анатольевич

Ю.С. Батанов, студ.; рук. С.К. Лебедев, к.т.н., доц. (ИГЭУ, Иваново)

ФОРМИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ МОДУЛЯХ

Электромехатронные модули с регуляторами положения (ЭММП) применяют для реализации заданного положения исполнительных органов в станках и манипуляторах, при этом требуется реализовать задание или ограничение параметров движения [1]. Предлагаются алгоритмы формирования траектории позиционирования с формирователем траектории (ФТ) на входе ЭММП, как показано на рис. 1.

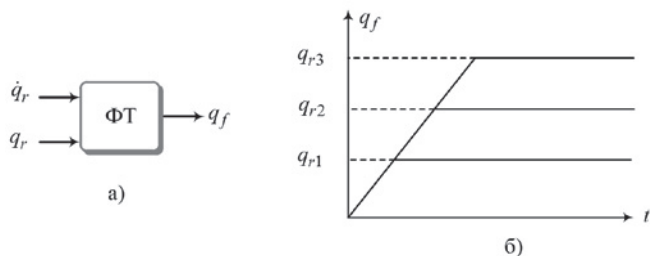


Рис. 1. Формирователь траектории (а) и характеристики (б)

Выражения (1), (2) представляют собой два варианта алгоритмов формирователя траектории –

$$\frac{dq_f}{dt} = \dot{q}_r S_v; S_v = \begin{cases} k, & t < \frac{|q_r|}{\dot{q}_r}; \\ 0, & t \geq \frac{|q_r|}{\dot{q}_r}. \end{cases} k = \begin{cases} 1, & q_r \geq 0; \\ -1, & q_r < 0. \end{cases} \quad (1)$$

$$\frac{dq_f}{dt} = \dot{q}_r S_v; S_v = \begin{cases} 1, & (q_r - q_f) > 0; \\ 0, & (q_r - q_f) = 0; \\ -1, & (q_r - q_f) < 0. \end{cases} \quad (2)$$

Выполнен анализ характеристик ЭММП с ФТ, даны рекомендации по применению вариантов алгоритма при формировании траектории позиционирования.

Литература

1. Батанов Ю.С., Кулагин Д.С. Регуляторы положения с переменной структурой для электромехатронных модулей // Радиоэлектроника, электроэнергетика и электротехника: 24-я Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тезисы докладов.–М.: Издательский дом МЭИ, 2018.–С.425

*М.П. Веретенникова, студ.; рук. С.К. Лебедев, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, Иваново)*

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИНОМОВ БЕССЕЛЯ В РЕГУЛЯТОРАХ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Электромехатронные модули позиционирования (ЭММП) для манипуляторов и станков предлагается синтезировать с настройкой на динамику, фильтров Бесселя [1]. В [2] Предложено нормировать полиномы Бесселя [1] по значению полосы пропускания. В результате получены полиномы:

$$hp(s) = s^n + a_1\omega_{bp}s^{n-1} + a_2\omega_{bp}^2s^{n-2} + \dots + a_n\omega_{bp}^n, \quad (1)$$

где $hp(s)$ – полиномы Бесселя; a_i – константы (коэффициенты) полинома, в табл.1 представлены коэффициенты полиномов (1); ω_{bp} – полоса пропускания ЭММП.

Таблица 1

Коэффициенты полиномов

n	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
2	2,2070	1,6236	–	–	–	–	–	–	–	–
3	3,7974	6,0083	3,8023	–	–	–	–	–	–	–
4	6,3654	18,233	27,080	17,238	–	–	–	–	–	–
5	9,5481	42,544	108,32	155,14	98,755	–	–	–	–	–
6	13,367	85,088	324,97	775,71	1086,3	691,46	–	–	–	–
7	17,823	153,16	812,42	2844,3	6517,8	8989,4	5722,1	–	–	–
8	22,916	255,27	1787,4	8533,2	28244	62925	85829	54621	–	–
9	28,645	255,27	3574,8	22186	98856	314628	686642	928769	591184	–
10	35,010	601,69	6638,7	51765	296556	1258463	3890861	8358803	11232586	7149966

В [2] представлен алгоритм настройки регуляторов ЭММП на полиномы Бесселя при заданной полосе пропускания с учетом реальной инерционности контура момента. В результате получены значения ω_{bp} для модифицированных ПИД-регуляторов:

$$\omega_{bp_ПИ(Д)} = \frac{0,263}{T_m}; \omega_{bp_ПИ(Д)} = \frac{0,156}{T_m}; \omega_{bp_ПИИ(Д)} = \frac{0,105}{T_m}, \quad (2)$$

где T_m – эквивалентная постоянная времени контура момента ЭММП.

Литература

1. **Мошиц Г., Хорн П.** Проектирование активных фильтров.–М.: Мир, 1984.–320 с.
2. **Веретенникова М.П., Воронов А.В.** Настройка ПИД-регуляторов положения на динамику Бесселя для электромехатронных модулей // Радиоэлектроника, электроэнергетика и электротехника: 24-я Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тезисы докладов.–М.: Издательский дом МЭИ, 2018.–С.449.

А.И. Воронов, студ.; рук. С.К. Лебедев, к.т.н., доц. (ИГЭУ, Иваново)
**СИНТЕЗ И АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ
 ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В MATHCAD**

В последние годы при выполнении НИР для анализа характеристик используют имитационное моделирование в графическом интерфейсе *Simulink (Matlab)*. Но с точки зрения получения характеристик *Simulink* имеет определенные ограничения, особенно для частотных и корневых характеристик. Предлагается выполнять и синтез, и анализ вариантов электромехатронных модулей (ЭММП) [1,2] в программе *MathCAD*, используя ее возможности символьных преобразований.

По структурам вариантов ЭММП формируются уравнения состояния и выхода:

$$\dot{\mathbf{X}} = \mathbf{A}\mathbf{X} + \mathbf{B}\mathbf{U}; \mathbf{Y} = \mathbf{C}\mathbf{X} + \mathbf{D}\mathbf{U}, \quad (1)$$

где $\mathbf{X}, \mathbf{U}, \mathbf{Y}$ – векторы состояния, входа и выхода, $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \mathbf{D}$ – матрицы параметров (МП). По МП (1) получаем характеристический полином:

$$hp(s) = \det(s\mathbf{I} - \mathbf{A}),$$

где \mathbf{I} – единичная матрица. По нему определяются параметры регулятора положения, обеспечивающего заданную динамику ЭММП. *MathCAD* позволяет получить и анализировать корневые годографы. По МП формируется матрица передаточных функций (ПФ):

$$\mathbf{H}_{\text{eq}}(s) = \mathbf{C}(s\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{B} + \mathbf{D}. \quad (2)$$

Для получения временных характеристик извлекаем из матрицы (2) необходимую ПФ и применяем преобразование Лапласа –

$$w(t) = L^{-1}\{W(s)\}; h(t) = L^{-1}\left\{\frac{W(s)}{s}\right\}; l(t) = L^{-1}\left\{\frac{W(s)}{s^2}\right\}.$$

Аналогично получаем и необходимые частотные характеристики:

$$L(\omega) = 2 \operatorname{Re} |W(j\omega)|; \varphi(\omega) = \arg(W(j\omega)); t_{\text{gz}}(\omega) = -\frac{d\varphi(\omega)}{dt}.$$

Описанная последовательность действий многократно реализована на анализе вариантов ЭММП и демонстрирует высокую эффективность.

Литература

1. Лебедев С.К., Колганов А.Р., Гнездов Н.Е. Электромехатронные системы позиционирования с наблюдателями нагрузки/ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина».–Иваново, 2016.–340 с.

2. Веретенникова М.П., Воронов А.В. Настройка ПИД-регуляторов положения на динамику Бесселя для электромехатронных модулей // Радиоэлектроника, электроэнергетика и электротехника: 24-я Международ. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тезисы докладов.–М.: Издательский дом МЭИ, 2018.–С.449.

П.Р. Жуков, студ.; рук. С.К. Лебедев, к.т.н., доц. (ИГЭУ, Иваново)

ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫЙ МОДУЛЬ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ С ПИД-РЕГУЛЯТОРОМ

Выполнен расчет параметров электромехатронного модуля позиционирования (ЭММП) для станков и робототехники с регулятором положения, настроенным на динамику Бесселя [1, 2] с учетом неидеальности контура электромагнитного момента. Получена структура ЭММП (рис. 1), позволяющая получить математическую модель в форме уравнений состояния.

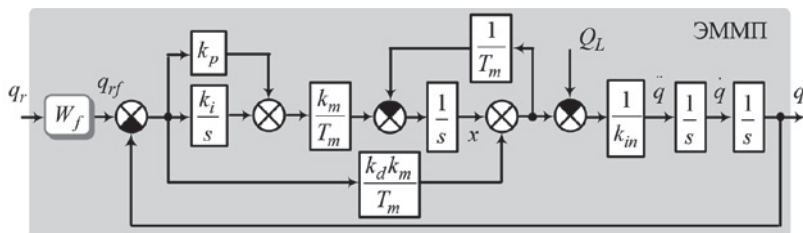


Рис. 1. Преобразованная структурная схема ЭММП с ПИД-регулятором

Использование методов пространства состояний в сочетании с символическими преобразованиями в *MathCAD* позволило не только выполнить синтез ПИД-регулятора и входного фильтра, но и выполнить исследование характеристик ЭММП.

Получены временные, частотные характеристики и корневые годографы, подтверждающие возможность позиционирования в условиях вариации инерционности (рис. 2).

Сделаны выводы о рекомендации использования фиксированной настройки на максимум инерции

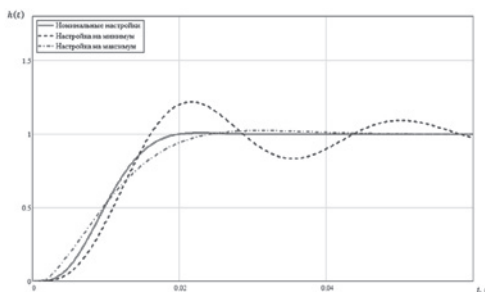


Рис. 2. Позиционирование с разными фиксированными настройками

Литература

1. Лебедев С.К., Колганов А.Р., Гнездов Н.Е. Электромехатронные системы позиционирования с наблюдателями нагрузки/ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина».–Иваново, 2016.–340 с.
2. Веретенникова М.П., Воронов А.В. Настройка ПИД-регуляторов положения на динамику Бесселя для электромехатронных модулей // Радиозлектроника, электроэнергетика и электротехника: 24-я Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тезисы докладов.–М.: Издательский дом МЭИ, 2018.–С.449.

Е.В. Лунина, студ.; рук. С.К. Лебедев, к.т.н., доц. (ИГЭУ, Иваново)

ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫЙ МОДУЛЬ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ С ПД-РЕГУЛЯТОРОМ

Доклад основан на материалах ВКР бакалавра, основное отличие от методики синтеза [1, 2] состоит в использовании в электромехатронном модуле позиционирования (ЭММП) немодифицированного ПД-регулятора положения (рис. 1).

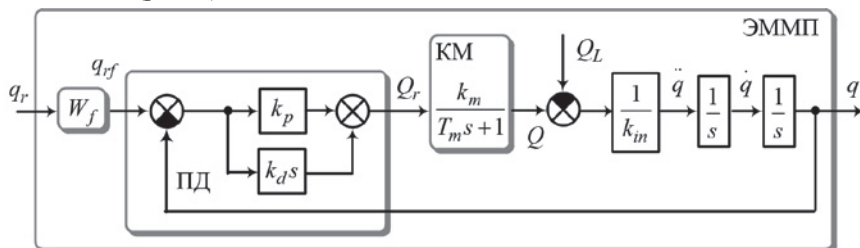


Рис. 1. Структура ЭММП с ПД-регулятором

Получена математическая модель ЭММП в пространстве состояний:

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} q \\ \dot{q} \\ x \end{bmatrix}; \mathbf{U} = \begin{bmatrix} q_{rf} \\ Q_L \end{bmatrix}; \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} q \\ \dot{q} \end{bmatrix}; \quad (1)$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -\frac{k_d k_m}{k_{in} T_m} & 0 & \frac{1}{k_{in}} \\ -\frac{k_p k_m}{T_m} + \frac{k_d k_m}{T_m} & 0 & -\frac{1}{T_m} \end{bmatrix}; \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{k_d k_m}{k_{in} T_m} & -\frac{1}{k_{in}} \\ \frac{k_p k_m}{T_m} - \frac{k_d k_m}{T_m} & 0 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Синтез и анализ ЭММП выполнен по (1),(2) в *MathCAD*. Получены параметры регулятора и входного фильтра с настройкой на динамику Бесселя. Временные, частотные и корневые характеристики подтверждают робастность при фиксированной настройке на максимум инерции.

Литература

1. Лебедев С.К., Колганов А.Р., Гнездов Н.Е. Электромехатронные системы позиционирования с наблюдателями нагрузки/ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина».–Иваново, 2016.–340 с.

2. Веретенникова М.П., Воронов А.В. Настройка ПИД-регуляторов положения на динамику Бесселя для электромехатронных модулей // Радиоэлектроника, электроэнергетика и электротехника: 24-я Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тезисы докладов.–М.: Издательский дом МЭИ, 2018.–С.449.

Д.С. Кулагин, студ.; рук. С.К. Лебедев, к.т.н., доц. (ИГЭУ, Иваново)

ПРИМЕНЕНИЕ *SIMULINK RESPONSE OPTIMIZATION* В НАСТРОЙКЕ РЕГУЛЯТОРОВ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Современные электроприводы металлорежущих станков и промышленных манипуляторов могут быть определены, как электромехатронные модули позиционирования (ЭММП). Наиболее эффективной для регуляторов положения считается настройка на динамику Бесселя [1]. Для промышленных манипуляторов особенностью применения ЭММП является то, что выполнение задания на позиционирование сопровождается дополнительными требованиями к параметрам движения, и то, что приведенный момент инерции звена манипулятора может изменяться в широких пределах. Рассмотрен синтез ЭММП с модифицированным П(Д)-регулятором с настройкой на динамику Бесселя, учитывающий инерционность контура момента. В результате анализа временных, частотных и корневых характеристик предложена и прошла апробацию фиксированная настройка регулятора на максимум инерционности механики звена манипулятора. Синтез и анализ ЭММП с П(Д)-регулятором выполнен с использованием символьных преобразований в *MathCAD*.

Были рассмотрены варианты задания скорости и ускорения при позиционировании ЭММП [2]. Интерес представляет оценка робастности ЭММП к инерции механики в условиях линейного или *S*-образного изменения положения. Известен опыт использования программы оптимизации *Response Optimization* программного комплекса *Simulink (Matlab)* [3] для многомассовых систем с нежесткой механикой.

Предложен алгоритм настройки П(Д)-регулятора ЭММП, позволивший выявить допустимый диапазон робастности при использовании фиксированной настройки и ограничении параметров движения при позиционировании.

Литература

1. Лебедев С.К., Колганов А.Р., Гнездов Н.Е. Электромехатронные системы позиционирования с наблюдателями нагрузки/ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина».–Иваново, 2016.–340 с.

2. Батанов Ю.С., Кулагин Д.С. Регуляторы положения с переменной структурой для электромехатронных модулей // Радиоэлектроника, электроэнергетика и электротехника: 24-я Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тезисы докладов.–М.: Издательский дом МЭИ, 2018.–С.425

3. Глазунов В.Ф., Гнездов Н.Е., Лебедев С.К. Многосвязные электромехатронные системы с нежесткой механикой/ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина».–Иваново, 2013.–224 с.

А.А. Чепига, студ.; рук. В.Г. Черников, ст. преп. (ДонНТУ, Донецк)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ДОНЕЦКА

Одним из основных способов сохранения энергии и природных ресурсов является использование альтернативных источников энергии, в частности солнечной энергии. В данной работе определяется, насколько выгодно использование фотоэлектрических модулей (ФМ) в Донецке на основе расчета производства энергии в исследуемых климатических условиях.

На базе математической модели ФМ [1] была разработана программа в среде Microsoft Visual Studio 2017, которая позволила произвести расчет мощности ФМ в течение 2018 года и установить, что одноосная система ориентирования дала прирост мощности 53 % по сравнению с ФМ, установленной неподвижно под оптимальным углом, а двухосная – 77 %.

Для создания системы контроля ФМ понадобится отладочная плата, контроллер, инвертор напряжения, аккумуляторные батареи, электродвигатель, датчики тока и напряжения, а также металлическая конструкция для перемещения ФМ в пространстве. Исходя из этого были рассчитаны затраты на изготовление данного проекта, годовой доход по Зеленому тарифу (0,18 € за Квт до конца 2019 года) и срок окупаемости при разной мощности солнечной электростанции (СЭС) [2].

Проведенные исследования показали, что для климатических условий Донецка целесообразнее использовать одноосную систему контроля СЭС мощностью 1 Квт и более, поскольку с увеличением мощности будет расти годовой доход и уменьшаться срок окупаемости проекта. Данные предложения могут быть использованы для разработки компактных стационарных установок, позволяющих использовать солнечную энергию для снижения потребностей предприятий в энергоресурсах. Населению подобные установки позволят использовать солнечную энергию с максимальным эффектом для парникового хозяйства, обеспечения энергобезопасности, энергонезависимости и снижения затрат на электроэнергию в условиях сельской местности.

Литература

1. **Китаева М.В.** Аппаратно-программный комплекс для контроля оптимальной ориентации фотоэлектрических модулей на максимальный поток солнечного излучения: дис. канд. техн. наук: 05.11.13 / Китаева Мария Валерьевна. – Томск, 2014. – 139 с.
2. **ГОСТ Р 57229-2016.** Системы фотоэлектрические. Устройства слежения за Солнцем. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2016 — 62 с., ил. табл.

*Д.В. Шелаев, студ.; рук. А.Н. Ладыгин, к.т.н., профессор
(НИУ «МЭИ», Москва)*

СРАВНЕНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МНОГОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ С ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Актуальность данного исследования обусловлена массовым переоснащением и модернизацией электроприводов в системах водоснабжения с использованием частотного регулирования. Достижимая при этом энергоэффективность соответствует приоритетному направлению развития науки, технологий и техники РФ. Потенциал экономии энергопотребления насосными системами составляет около 60%. При этом особенностям реализации эффективных режимов работы многонасосных агрегатов до сих пор уделяется недостаточно внимания.

Целью работы является разработка рекомендаций по выбору структуры и режимов работы многонасосной установки с частотно-регулируемым приводом.

В работе рассмотрен каскадный режим управления насосами, который наиболее широко используется в настоящий момент, когда несколько насосов подключаются параллельно в работу в зависимости от требуемого расхода и напора в системе, а один из них оснащается преобразователем частоты для плавного регулирования. В итоге мы получаем высокую точность выполнения технологической задачи.

Для исследования режимов работы была создана математическая модель многонасосной установки с частотно-регулируемым электроприводом с помощью программного обеспечения Matlab. В подтверждение правильности составления математической модели и полученных характеристик были проведены исследования на реальном стенде в лаборатории НОЦ «Schneider-Electric МЭИ».

По результатам проделанной работы сделаны следующие выводы:

- с помощью преобразователя частоты удастся избежать основного недостатка ступенчатого управления в многонасосной установке – отсутствия плавного регулирования;
- алгоритм пуска дополнительного насоса следующей ступени должен учитывать возможность его «передавливания»;
- выбор количества используемых насосов предполагает поиск компромисса между надежностью системы и ее капитальной стоимостью;
- каскадная схема с параллельным включением насосов является системой повышенной надежности благодаря возможности резервирования мощностей.

*Е.А. Егорова, студ.;
рук. Л.Б. Масандилов, д.т.н., проф., Н.М. Кураев, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЛИФТА

В настоящее время наблюдается непрерывное совершенствование систем управления лифтами. Особенностью многих современных электроприводов является наличие в них преобразователей частоты. При торможении асинхронный двигатель работает в генераторном режиме и отдает электроэнергию в тормозной резистор, подключенный к преобразователю частоты. Если обеспечить работу электрической машины в генераторном режиме при одновременном потреблении электрической энергии от сети [1], то использование тормозных резисторов не потребуется, что позволит упростить систему асинхронного электропривода с преобразователем частоты.

Выявлено [2], что, снижая частоту, можно достигнуть некоторого её значения, при котором отдача энергии в сеть отсутствует в пределах всей механической характеристики асинхронного двигателя. Такую частоту можно назвать граничной частотой. Чем выше её значение, тем больше диапазон частот, при которых во время реальной работы двигателя отсутствует генераторный рекуперативный режим.

В данной работе исследовался генераторный рекуперативный режим и условия его отсутствия. В ходе исследований рассматривались крановые двигатели с фазным ротором (серии МТФ, МТН) и с короткозамкнутым ротором (серии МТКФ, МТКН), а также двигатели серий 4А, 4АС. Был выведен ряд формул, необходимых для построения характеристик асинхронного электропривода.

Для проверки выведенных теоретических формул были проведены экспериментальные исследования. Проведено три серии опытов с разными асинхронными двигателями. С помощью программы PowerGraph фиксировались значения различных параметров, которые после обработки использовались для построения опытных характеристик двигателей. В ходе обработки результатов испытаний установлено, что полученные экспериментальным путем характеристики близки к теоретическим.

Литература

1. Машиностроение. Энциклопедия. М.: Машиностроение. Электроприводы. Т. IV-2 / Л.Б. Масандилов, Ю.Н. Сергиевский, С.К. Козырев и др.; под общ. ред. Л.Б. Масандилова. 2012. – 520 с.
2. **Масандилов Л.Б., Кураев Н.М., Егорова Е.А.** Особенности энергетических режимов асинхронного двигателя в основной схеме включения // Труды МЭИ. Вып. 693. – М.: Издательство МЭИ, 2017.с. 29–39.

*В.Ю. Зайцев, студ.; рук. А.Н. Ладыгин, к.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРА СКАЛЯРНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ НАСОСА С ЧАСТОТНО- РЕГУЛИРУЕМЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Проблема энергоэффективности электропривода насосов актуальна, так как центробежные машины потребляют не менее 40% вырабатываемой электроэнергии (на насосы приходится около 20%) и заключают в себе значительные резервы энергосбережения [1]. Целью данной работы является исследование влияния характера скалярного управления на энергоэффективность насоса с частотно-регулируемым электроприводом.

С этой целью в работе проведены теоретический анализ потерь энергии в частотно-регулируемом электроприводе при скалярном управлении и экспериментальное исследование влияния характера скалярного управления на энергоэффективность насоса.

Проведен анализ энергоэффективности двух основных законов частотного управления: пропорционального и квадратичного. Анализ базировался на оценке влияния закона частотного управления на суммарные потери в асинхронном двигателе. В результате анализа получено, что при квадратичном законе суммарные потери энергии меньше, чем при пропорциональном, следовательно, при квадратичном законе энергоэффективность частотно-регулируемого электропривода выше.

В работе также было проведено экспериментальное исследование влияния характера скалярного управления на энергоэффективность насоса с частотно-регулируемым электроприводом. Для сравнения была определена зависимость КПД насоса от частоты вращения насоса для пропорционального и квадратичного законов управления на всем рабочем диапазоне насоса. В результате экспериментов были подтверждены результаты теоретического анализа. В экспериментах увеличение значения КПД насоса при использовании квадратичного закона управления по сравнению с использованием пропорционального закона достигает 53%. При этом следует отметить, что чем ниже нагрузка насоса, тем больше разница КПД.

Таким образом, в работе теоретически обосновано и экспериментально подтверждено повышение энергоэффективности насоса при переходе от пропорционального закона управления к квадратичному.

Литература

1. **Н.Ф.Ильинский, В.В. Москаленко.** Электропривод: энерго- и ресурсосбережение: учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений — М.: Издательский центр «Академия», 2008.

*Р.Р. Ишбаев, студ.; рук. А.Н. Ладыгин, к.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИИ КОСВЕННОЙ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

Долговечность электродвигателя зависит от нагрева, которым он подвергается во время работы [1]. Перегрев обмоток выше допустимых значений ведет к пробое изоляции и является основной причиной неисправности электродвигателя. Для предотвращения нарушения изоляции от перегрева применяется тепловая защита электродвигателя. Ее можно классифицировать на два вида: прямая – с использованием датчиков температуры и косвенная – с применением математической модели нагрева.

Основным недостатком применения прямой тепловой защиты является необходимость встраивания датчиков температуры в обмотку электродвигателя. А использование математической модели нагрева, заложенной в преобразователь частоты не требует дополнительных элементов.

В данной работе была поставлена цель детального исследования особенностей функции косвенной тепловой защиты в системе ПЧ-АД.

Проведено исследование способа косвенной тепловой защиты на математической модели. Электродвигатель был рассмотрен как однородное тело. Математическая тепловая модель двигателя представлена в виде звена с передаточной функцией [2]:

$$W(p) = \frac{1/A}{T_T p + 1}, \quad (1)$$

где A – пропорциональный коэффициент теплоотдачи, T_T – тепловая постоянная времени.

В среде MATLAB была реализована модель асинхронного двигателя с алгоритмом срабатывания косвенной тепловой защиты.

Также в данной работе на установке лаборатории учебного центра «Шнейдер Электрик – МЭИ» проведено экспериментальное исследование функции косвенной тепловой защиты на промышленном образце преобразователя частоты. Методика проведения эксперимента заключалась в задании нагрузки на двигатель выше номинального и замере времени срабатывания тепловой защиты.

Полученные в процессе моделирования в MATLAB результаты о времени срабатывания тепловой защиты показали сопоставимые значения с алгоритмом, заложенным в исследуемый преобразователь частоты.

Литература

1. **Беспалов В.Я., Котленец Н.Ф.** Электрические машины. М.: Издательский центр «Академия», 2006.
2. **Ильинский Н.Ф.** Основы электропривода. М.: Издательство МЭИ, 2003.

*А.А. Пенин, студ.; рук. Ладыгин А.Н., к. т. н., профессор
(НИУ «МЭИ», Москва)*

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯТОРНОЙ ГРАДИРНЕЙ

Градирия является очень важным элементом современного производства, обеспечивая замкнутый цикл оборота воды в системах охлаждения технологических установок.

Основной задачей системы регулирования в градирне является поддержание заданной температуры охлажденной воды. Поскольку температура зависит от многих параметров: температуры среды, расхода охлаждающего воздуха, температуры нагретой воды и др., задача регулирования является весьма нетривиальной [1].

Главным средством регулирования параметров режима охлаждения воды является воздействие на скорость вращения вентилятора градирни. Именно поэтому в конструкции большинства современных градирен применяются вентиляторы, оснащенные частотно-регулируемым электроприводом [2]. При автоматическом контроле параметров охлаждения точную настройку скорости вращения вентилятора выполняет автоматизированная система регулирования температуры охлажденной воды.

Целью данной работы является разработка автоматизированной системы управления режимом работы вентиляторной градирни на базе оборудования Schneider Electric. Для этого был произведен анализ конструкции и принципа работы градирни типа «Росинка 80/100», разработана компьютерная модель системы регулирования температуры охлажденной воды, с помощью которой разработана и исследована структура автоматизированной системы управления вентилятором на базе частотно-регулируемого электропривода.

Для практической проверки работоспособности системы создан макет системы на базе лабораторного стенда в лаборатории НОЦ «Шнейдер Электрик-МЭИ».

В результате исследований получены полезные для практики выводы по выбору регулятора температуры и настройке его параметров для градирни «Росинка 80/100».

Литература

1. Математическая модель САУ вентиляторной градирни./ Чернышев Н.Н., Н. А. Гришаев. [Электронный ресурс]. – URL: <http://masters.donntu.org/>
2. **Пономаренко В.С.** Градири промышленных и энергетических предприятий / В.С. Пономаренко, Ю.И. Арефьев. – М.: Энергоатомиздат, 1998 – 376 с.

*А.В. Жуков, студент; рук. О.И. Осипов, д.т.н., профессор
(НИУ «МЭИ», Москва)*

ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОСТОЯННОГО ТОКА ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

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

Рассматривается скиповая подъемная установка, которая служит для спуска/подъема груза, оборудования и технологических материалов.

В настоящее время электропривод подъемной установки работает по однодвигательной системе «тиристорный преобразователь – двигатель» (ТП-Д). В связи с развитием и углублением разработок рудника, однодвигательная система электропривода не удовлетворяет требованиям производительности и надежности.

Для решения этой задачи был предложен вариант замены однодвигательной системы ТП-Д на электропривод с двухдвигательной системой «тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока» (ТП-Д) с микропроцессорным управлением на основе серии устройств Sinamics DCM фирмы Siemens. Совместно с современной системой управления, защит и технологической автоматики, выполненной на базе контроллеров фирмы Siemens, электропривод по системе ТП-Д обеспечивает точное выполнение заданных диаграмм движения подъемных сосудов в двигательном и тормозном режимах, долговременную надежную работу, высокий уровень сервиса и диагностики.

Планируется рассмотреть генераторные режимы работы электропривода, как наиболее опасные для работы преобразователя, при которых возможна его работа в режиме прерывистых токов. Также планируется настройка системы управления электроприводом с использованием адаптивных регуляторов тока, обусловленным изменением динамических нагрузок в различных режимах работы ШПУ для сохранения максимальных динамических свойств системы.

Литература

1. **Калашников Ю.Т., Католиков В.Е. и др.** Электрооборудование шахтных подъемных машин. М.: Недра, 1986.

*И.В. Радченко, студ.; рук. Ладыгин А.Н., к. т. н., профессор
(НИУ «МЭИ», Москва)*

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ПОВОРОТА ДВУХ ОСЕЙ С ЧАСТОТНО- РЕГУЛИРУЕМЫМИ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

Перед современным регулируемым электроприводом стоит множество различных задач. Одной из них является обеспечение синхронного перемещения двух валов (осей) исполнительного органа. Например, решение этой задачи актуально для системы из двух электроприводов подъёмных лебедок, обеспечивающих перемещение подъёмной грузовой платформы. Данная задача подразумевает под собой два различных аспекта: одновременная остановка в заданном положении рабочих органов и регулирование синхронного вращения механизмов во время движения.

Целью исследования системы синхронизации поворота двух осей является выработка рекомендаций по разработке системы, обеспечивающей требуемые параметры технологического процесса - допустимый угол наклона грузовой платформы и время его устранения. Для исследования была выбрана система синхронизации, основанная на принципе «ведущий-ведомый», в которой на валу ведущего привода установлен датчик перемещения, сигнал с которого служит заданием на перемещение ведомого, а последний снабжен контуром регулирования положения ведомого вала.

При проведении лабораторных экспериментов с целью определения параметров системы «ведущий-ведомый», влияющих на точность синхронизации, была подготовлена экспериментальная установка в лаборатории НОЦ «Шнейдер Электрик – МЭИ». Для корректной работы системы была произведена настройка преобразователя частоты, которая заключалась в конфигурировании прикладной функции «ПИД – регулятор». При проведении экспериментов производилось осциллографирование, результаты которого показали эффективность структуры системы синхронизации.

Поскольку результаты лабораторных экспериментов не позволили оценить влияние различных нагрузок на точность и быстродействие системы синхронизации, были проведены компьютерные исследования на специально разработанной модели. На основании проведенных экспериментов были получены зависимости ошибки перемещения двух валов от пропорционального коэффициента регулятора, а также зависимости времени снижения этой ошибки от интегрального коэффициента.

Результаты позволили выработать рекомендации по настройке системы, которые приводятся в докладе.

*А.А. Тишкин, студ.; рук. Ю.М. Сафонов, к.т.н., профессор
(НИУ «МЭИ», Москва)*

НЕЧЕТКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С УПРУГИМИ ЗВЕНЬЯМИ

Одной из основных проблем при расчете электропривода какого-либо механизма наравне с моментом инерции является учет сил упругости, которые будут неизбежно появляться при приведении в движение практически любого механизма. При пренебрежении расчетом сил упругости, особенно в системах, состоящих из нескольких динамических звеньев, усиливается износ механической части электропривода. Правильный прогноз и расчет сил упругости позволяет продлить срок службы механизма, ограничивая перенапряжения на валу электродвигателя и передаточных органах [1].

В настоящее время в системах управления электроприводом для управления процессом применяется ПИ-регулятор, позволяющий контролировать заданную координату. Данный метод хорошо себя зарекомендовал для систем, в которых влиянием упругих сил можно пренебречь и в системах с неизменным набором параметров, однако к его недостаткам относится нечувствительность к изменяющимся параметрам электропривода, как, например, изменение длины вала механизма или количества валов, поскольку такие регуляторы настраиваются на один набор параметров.

В данной работе предлагается к рассмотрению применение регулятора с нечеткой логикой. Рассчитав возможные состояния электропривода, данный регулятор в автоматическом режиме позволит изменить динамику всего электропривода, защитив его от выхода из строя.

Моделирование такого электропривода произведено в пакете прикладных программ для решения технических задач MATLAB [2]. В ходе моделирования произведено сравнение динамических характеристик электропривода с изменяющимися параметрами с применением ПИ-регулятора и нечеткого регулятора и оценка эффективности данного метода.

Литература

1. **Ключев. В.И.** Теория электропривода. М.: Энергоатомиздат, 2001.- 704 с.
2. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH» Леоненков А.В. – СПб: БХВ-Петербург, 2005г. – 736 с.

*А.Д. Короткова, студ.; рук. Ю.М. Сафонов, к.т.н., профессор
(НИУ «МЭИ», Москва)*

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ПОЗИЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Развитие механизации и автоматизации производственных процессов обусловлено использованием в различных сферах деятельности позиционных электроприводов. Позиционный электропривод предназначен для перемещения механического объекта управления по желаемому закону и с высокой точностью останавливать его в любой требуемой позиции.

В планировании траектории движения электропривода важную роль играет закон управления движением. Он должен обеспечивать оптимальное протекание процесса позиционирования, то есть гарантировать минимальную ошибку обработки требуемой траектории движения при максимальном быстродействии и ограничениях скорости и ускорения.

Данная работа была направлена на исследование возможности модификации системы управления шаговым позиционным электроприводом.

В работе предложен новый способ программного управления шаговым позиционным электроприводом на основе математической модели механической части привода с использованием микроконтроллера.

Разработана и отлажена программа управления позиционным электроприводом на базе шаговых исполнительных двигателей, управляемых от качественных инверторов тока в режиме глубокого электрического дробления шага. Данная программа имеет оптимальное быстродействие при обработке любого заданного перемещения, в том числе при задании в качестве перемещения дробного шага.

*С.Э. Гришин, студ.; рук. А.С. Анучин, к.т.н., доцент
(НИУ «МЭИ», Москва)*

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ НА ОСНОВЕ АВТОНОМНОГО ИНВЕРТОРА ТОКА

Для электроприводов с электрическими машинами большой мощности все еще применяется преобразовательная техника на тиристорах, несмотря на то, что большинство современных преобразователей выполняется на транзисторах.

Целью данной работы является разработка и моделирование системы управления синхронным электроприводом с преобразователем частоты на основе автономного инвертора тока. Силовая часть электропривода изображена на рис.1.

Управление двигателем в вентильном режиме производится с помощью тиристорного трехфазного мостового инвертора с ПИ-регулятором тока, позволяющим менять значения тока на выходе выпрямителя.. Роторные обмотки питаются от тиристорного выпрямителя аналогичного статорному.

Система управления является бездатчиковой, поэтому в работе будут реализованы наблюдатели положения и скорости ротора. Первоначальное определение положения ротора происходит путем ориентирования его по статичному полю статора.

На данный момент выполнено моделирование в прикладном пакете программ Simulink. Планируется провести исследование характеристик электропривода и разработать установку для отладки системы управления.

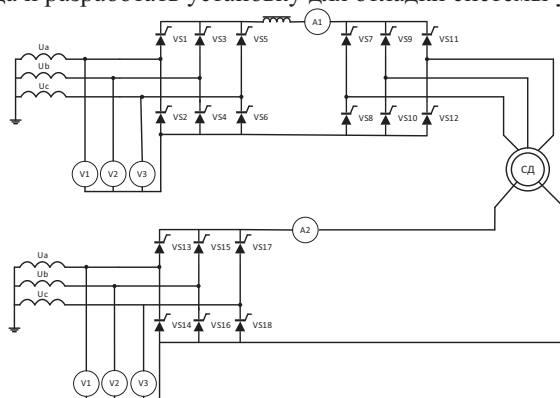


Рис. 1. Силовая схема электропривода

*А.В. Морозов, студ.; рук. О.И. Осипов, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

ЭЛЕКТРОПРИВОД БУРОВОГО НАСОСА

Буровой насос (БН) является одним из основных элементов буровых установок. Выбор типа электропривода БН зависит как от предъявляемых к установке технологических требований, так и от различных внешних факторов, обусловленных местом расположения установки, климатическими условиями и т. п. Основное предназначение бурового насоса — это обеспечить циркуляцию бурового шлама и предотвратить его оседание в процессе бурения, подъём разбуриваемой породы на поверхность, а также очистка забоя и скважины от породы [1].

От выбора электропривода БН зависит надежность, техническая и экономическая эффективность буровой установки. Для БН наиболее распространен электропривод переменного тока. В свою очередь для электропривода переменного тока продолжают эксплуатироваться асинхронные двигатели с фазным ротором (АД ФР). При простоте и невысокой стоимости оборудования, пуска и наладочных работ и обслуживания электропривод с АД ФР имеет ряд недостатков: ограничение по мощности из-за силовой коммутационной аппаратуры для пуска и регулирования, низкий коэффициент мощности, заметные потери энергии в роторной цепи. Именно эти недостатки предопределили необходимость применения в буровых установках частотно-регулируемого электропривода (ЧРЭП) [2].

В работе проведен сравнительный анализ различных типов электропривода для буровых установок, способных соответствовать технологическим требованиям, при этом особое внимание обращено на использование электропривода переменного тока с асинхронным и синхронным двигателем и их системам управления.

Литература

1. **Логинов С.Е., Сальков А.С., Тубис Я.Б.** Электроприводы для насосов, применяемых в нефтедобывающей промышленности. «Электротехника», № 4, 2001.
2. **Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н.** Энергосберегающий асинхронный электропривод. М.: «Академия», 2004.

*Н.Д. Дюдин, студ.; рук. А.Н. Ладыгин, к.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

ВЛИЯНИЕ ФУНКЦИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ НА НАДЁЖНОСТЬ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Эффективное использование подъемно-транспортного оборудования (ПТО) возможно при условии обеспечения требуемого уровня надежности. И применение преобразователя частоты (ПЧ) в электроприводе ПТО на данный момент является эффективным решением, обеспечивающим требуемые показатели в части повышения надежности [1].

Данная работа посвящена исследованию прикладных функций ПЧ с целью определения рекомендаций по их использованию с целью повышению надежности подъемных кранов.

Надежность технического устройства обусловлена такими важнейшими показателями его качества как безотказность, ремонтпригодность, восстанавливаемость, долговечность, сохраняемость, готовность [2]. При этом самыми уязвимыми являются механические элементы подъемного оборудования кранов [3].

В работе проведены экспериментальные исследования на лабораторной установке учебного центра "Schneider Electric — МЭИ», в итоге которых были получены графики токов и моментов, отражающие влияние функций ПЧ на характер нагрузки, механических элементов крана. Исследовалось влияние таких специальных функций ПЧ как: ограничение момента двигателя, выбор слабины каната и компенсации люфта.

В результате анализа теоретических и практических результатов исследований выработаны методические рекомендации по использованию рассмотренных прикладных функций ПЧ, обеспечивающих существенное смягчение нагрузок на механические узлы подъемного крана.

Литература

1. **Ключев В.И.** Теория электропривода М.: Энергоатомиздат, 1998. – 704с.
2. ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике»
3. ГОСТ 33166.1-2014 «Краны грузоподъемные. Требования к механизмам. Часть 1. Общие положения»

*Ю.К. Каземирова, студ.; рук. Ю.М. Сафонов, к.т.н., профессор
(НИУ «МЭИ», Москва)*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ С ПОМОЩЬЮ ИНКРЕМЕНТАЛЬНОГО ДАТЧИКА ПОЛОЖЕНИЯ

Все чаще высокопроизводительные электроприводы требуют точной оценки скорости и положения ротора для управления движением системы. Инкрементальный датчик положения является удобным средством для измерения угловой скорости и положения вала двигателя. По поступающим с датчика импульсам (каналы А и В) рассчитывается скорость.

Для измерения скорости чаще применяются два метода: измерение количества импульсов за интервал времени (частотный метод) или измерение времени прохождения заданного количества импульсов (периодический метод). Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки на низких и высоких частотах вращения. Из-за эффекта квантования по времени точность измерения времени с ростом скорости может падать, что приводит к ошибке оценки скорости. В данном случае необходимо использование фильтров для минимизации неточности измерения. Для уменьшения помех часто используется метод усреднения [1], однако для достижения более высокой точности в данной работе предлагается использовать последовательную цепочку из Sinc-фильтров. Оценка скорости требует некоторое время на вычисление, что влияет на задержку формирования управляющего воздействия в контуре скорости и быстрдействие всей системы.

Предлагаемый в данной работе метод оценки скорости с использованием Sinc-фильтров реализуется на программируемой логической матрице ПЛМ, которая представляет из себя микросхему с набором логических блоков. В отличие от программируемого логического контроллера, который выполняет операции последовательно, блоки ПЛМ могут работать параллельно. Таким образом, точность измерения скорости возрастает, а быстрдействие системы не ухудшается.

Литература

1. **A. F. Ilmiawan, D. Wijanarko.** “An Easy Speed Measurement for Incremental Rotary Encoder Using Multi Stage Moving Average Method”, International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICEECS) 2014.

*А.О. Битько, студент; рук. Тяпкин М. Г., к.т.н. асс.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

ГРАФИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕЙС ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ АВТОНАСТРОЙКИ КОМПОНЕНТОВ МНОГООСЕВЫХ СЕРВОПРИВОДОВ

Настройка и эксплуатация современных сервоприводов невозможна без высокоразвитого интерфейса пользователя [1], который должен отвечать не только высоким требованиям функциональности, унификации, удобства отображения и анализа информации, но и обладать широким спектром инструментов и возможностей для наладки сервоприводов. Позволять производить настройку и работу с приводом не только опытному пользователю, но и человеку, не имеющему специальных знаний.

Настройка сервопривода [2,3] – сложный и последовательный процесс. Обычно требуется настроить несколько контуров управления, каждый из которых имеет свои собственные коэффициенты усиления (пропорциональные, интегральные и/или дифференциальные), не говоря уже о дополнительных параметрах, таких как коэффициенты усиления прямой связи по скорости и ускорению, позволяющих улучшить качество точности обработки заданной траектории и фильтров для уменьшения колебаний.

Корректная настройка системы управления сервопривода позволяет сократить время пусконаладочных работ, повысить скорость выполнения операций и повысить их точность, уменьшить износ механических элементов и даже снизить энергопотребление привода. Основной функцией для этого является автонастройка.

Настоящая работа посвящена разработке универсального графического пользовательского интерфейса, позволяющего производить наладку и автонастройку многоосевых сервоприводов. Это упростит процесс настройки привода, а также позволит достичь максимального уровня эффективности сервосистемы.

Литература

1. **Волков И.М.** Разработка скоростного интерфейса связи для блока управления./ Волков И.М // Тез. докладов XXII Междунар. Н.-т. Конф. студентов и аспирантов : в 3-х томах. 2016. С. 101
2. **Балковой А.П.** Разработки прецизионной мехатроники в ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ»/Балковой А.П., Рассудов Л.Н., Сливинская Г.А., Толстых О.А., Тяпкин М.Г., Цаценкин В.К.//Электротехника. -2015. -№ 1. -С. 9-12.
3. **Балковой А.П.** Новые разработки линейного сервопривода на кафедре АЭП НИУ «МЭИ»/ Балковой А.П., Рассудов Л.Н., Сливинская Г.А., Толстых О.А. Цаценкин В.К. // Труды VIII международной (XIX Всероссийской) конференции по автоматизированному электроприводу АЭП-2014. Саранск, 2014. Т.2 С 13-17.

*А.Н. Ильичёв, асп., рук. А.Н. Ладыгин, к.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

СИСТЕМЫ ОЧУВСТВЛЕНИЯ В КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РОБОТАХ И СВЯЗАННЫЕ С ЭТИМ ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ

Понятие «коллаборативные роботы» означает «роботы, которые могут работать рука об руку с человеком». Характерной особенностью роботов этого типа является наличие развитой системы очувствления, позволяющей им работать в контакте с человеком безопасно для его здоровья. Роботы, создаваемые в данном направлении, по принципу реализации системы очувствления разделяются на два множества [1]:

- роботы, использующие для очувствления обратные связи собственных электроприводов,
- роботы, в которых встроены специальные многокомпонентные датчики, измеряющие силы и моменты.

Проведенный в представляемой работе анализ ситуации показывает, что чем больше грузоподъёмность робота, тем больше доля решений, в которых используются многокомпонентные датчики. Установлено, что порог грузоподъёмности роботов, при котором начинают массово применяться эти датчики, лежит в районе 10 кг. Это связано с различием используемых систем привода. Манипуляторы небольшой грузоподъёмности построены на шаговых двигателях. Способность моментально останавливаться при контакте с препятствием в них реализуется программно благодаря особенностям устройства шагового привода. В манипуляторах большой грузоподъёмности используются сервоприводы, не обеспечивающие программно нужный уровень очувствления без силомоментного датчика.

В работе рассматривается возможность расширения диапазона применения косвенных методов очувствления в коллаборативных роботах с электроприводом, в первую очередь рассмотрен вопрос применимости для косвенных измерений фильтра Калмана [2]. Была использована математическая модель манипулятора, исследована зависимость точности позиционирования рабочего органа манипулятора от грузоподъёмности.

Результаты исследований применимости фильтра Калмана показали возможность расширить сферу применения в коллаборативных роботах систем очувствления, использующих обратные связи по току своих электроприводов, а также позволили оценить зависимость точности позиционирования от способа фильтрации данных с датчиков манипулятора.

Литература

1. **Ольга Королёва.** Коллаборативные роботы. Обзор ведущих производителей – robotforum.ru
2. **Худавердян Давид.** A New Approach to Linear Filtering – habr.com

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

УТОЧНЕНИЕ РАСЧЁТА МОМЕНТА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНДУКТОРНЫХ ШАГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Известно, что электромагнитный момент индукторной машины с зубчатым ротором пропорционален переменной составляющей поля в зазоре. Она определяется разностью максимального и минимального значений потока, которые имеют место при наибольшей магнитной проводимости зазора, т.е. при совпадении геометрических осей зубцов статора и ротора, и наименьшей магнитной проводимости зазора, т.е. при совпадении осей зубцов с осями пазов.

С учётом этого средний электромагнитный момент, развиваемый действием одной фазы, можно выразить через токи фазы i_1 , контура возбуждения (МДС магнита) i_2 и амплитуду магнитной проводимости зазора под полюсами с катушками фазы Λ_m

$$M = \frac{1}{2} i_1 i_2 \Lambda_m (1 - k_\Lambda) \frac{Z}{\pi}.$$

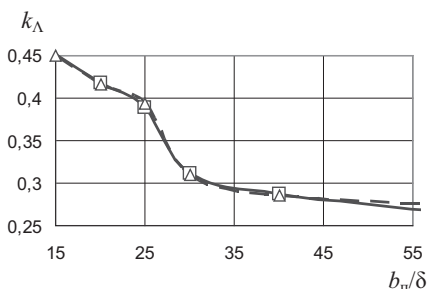


Рис.1 Относительная проводимость зазора под пазом

Здесь Z – число зубцов на роторе k_Λ – коэффициент, характеризующий уменьшение магнитной проводимости воздушного зазора по сравнению с максимальной проводимостью при повороте ротора на половину зубцового деления. Его удобно вычислить заранее для определённого диапазона значений

точными численными методами в функции относительного, по отношению к зазору, открытия паза b_n/δ , и использовать в виде расчётных кривых при проектировании.

Характеристики, рассчитанные методом конечных элементов на модели фрагмента зубцовой зоны (рис.1), определены для пазов прямоугольной формы высотой, составляющей 60% от ширины открытия паза, и для пазов круглого профиля с прямоугольным участком. Размер прямоугольного участка составлял 20% открытия паза. Характеристики почти совпадают.

Полученные зависимости внедрены в алгоритм проектирования одноимённо-полюсных индукторных шаговых двигателей с гребенчатыми зубцовыми зонами на статоре и постоянным магнитом на роторе. Они позволяют уточнить проектировочную модель без какого-либо существенного усложнения расчётной методики.

*Прокофьев Н.В., студ., рук. Данилушкин А.И., д.т.н., проф.
(СамГТУ, Самара)*

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ УСТАНОВКИ ОХЛАЖДЕНИЯ

На газоперекачивающих станциях для увеличения производительности трубопроводов используются установки воздушного охлаждения газа. В качестве привода вентиляторов применяются асинхронные электродвигатели мощностью от 37 до 75 кВт. Количество включенных вентиляторов зависит от расхода газа, температуры газа на выходе из компрессорной установки и от температуры воздуха. Регулирование температуры газа осуществляется за счет изменения расхода воздуха путем каскадного включения необходимого количества вентиляторов. Учитывая значительное расхождение характеристик отдельных вентиляторов, встает задача выбора конкретных вентиляторов с лучшими энергетическими характеристиками.

Создание автоматизированной системы управления установкой охлаждения газа предполагает разработку математических моделей. Обычно рассматриваются два подхода: аналитическое и численно-аналитическое моделирование. Третий подход основан на применении прецедентных моделей. С их помощью на базе статистики по эксплуатации объекта определяются эффективные и неэффективные режимы. Сведения о неэффективных режимах отбрасываются, сведения об эффективных режимах используются для принятия решения о функционировании объекта в подобных ситуациях. На базе этого подхода разработана методика поиска энергоэффективных режимов работы системы «установка охлаждения газа – магистральный газопровод», включающая два этапа. На первом этапе с помощью численно-аналитической модели линейного участка газопровода, заданных параметров транспортировки газа и сведениях о состоянии окружающей среды определяются параметры газа на входе линейного участка газопровода, обеспечивающие желаемую температуру на выходе линейного участка газопровода. На втором этапе с помощью прецедентной модели установки охлаждения газа определяется количество работающих вентиляторов, обеспечивающих желаемые параметры на входе линейного участка газопровода либо максимально возможное к ним приближение. Далее решается задача оптимального распределения нагрузки между вентиляторами установки за счёт включения минимального количества исходя из учёта индивидуальных характеристик каждого вентилятора. Выбор вентиляторов с наилучшими характеристиками обеспечивает минимальный расход энергии на охлаждение.

*Муратов Р.З., Самойлов Н.М., студ., рук. Данилушкин В.А. к.т.н., доц.
(СамГТУ, Самара)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ВЕНТИЛЯТОРОВ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПЕРЕХОДНОЙ ФУНКЦИИ

Процесс охлаждения газа в теплообменных аппаратах описывается системой дифференциальных уравнений в частных производных. Анализ динамических свойств таких объектов представляет значительные трудности. Точная передаточная функция имеет вид трансцендентной функции комплексного аргумента. Так как классическая теория управления базируется на дробно-рациональном представлении функции, возникает задача получения приближенного выражения для передаточной функции с максимальным сохранением информации о динамических особенностях исследуемого объекта. Для определения передаточных функций объекта в настоящей работе используется переходная функция, полученная экспериментальным путем.

Исследование динамических свойств проводится относительно температуры газа на выходе из теплообменника. В качестве управляющего воздействия принимается частота вращения вентилятора. Измерение температуры газа на входе и выходе осуществляется с помощью датчика температуры ПИМБ-900-01-05-Б. Класс точности прибора 0,5. Определение динамических характеристик объекта по его переходной функции производится с помощью пакета Mathcad. По графику полученной переходной функции выбирается вид аппроксимирующей передаточной функции и определяются качественные характеристики объекта управления: наличие или отсутствие запаздывания и колебательности и т.д. Определившись с видом передаточной функции, идентифицируются значения параметров передаточной функции – значения коэффициентов передачи и постоянных времени объекта. Для этого используются численные методы поиска минимума некоторой функции, соответствующей наиболее точному определению искомых значений. Аппроксимация экспериментальных данных осуществляется по методу наименьших квадратов.

Полученные передаточные функции описывают динамические свойства объекта в области малых отклонений регулируемой величины от установившегося значения, т.е. соответствуют линеаризованной модели объекта. Качество аппроксимации оценивается визуально, сравнением построенных на одном графике экспериментальных данных и аппроксимирующей функции.

А.А. Алексеев, студ.; рук. М.С. Куленко, к.т.н., доцент (ИГЭУ, Иваново)
**РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ РЕГУЛЯТОРА ПОЛОЖЕНИЯ В
ДВУХМАССОВОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

В электроприводах подач металлорежущих станков зачастую присутствуют факторы, негативно влияющие на точность обработки – упругость кинематической передачи и наличие в ней зазора. Известны способы компенсации этих факторов, например, с использованием схемы электромеханического торсиона [1], однако из-за сложности реализации и дороговизны они не получили широкого распространения.

Целью исследования является создание структуры регулятора положения, обеспечивающей компенсацию влияния зазора и упругости без использования дополнительных механизмов, т.е. на программном уровне. За основу взят регулятор, применяющийся в контроллерах движения, выпускаемых НТЦ «Инэлси».

Исследования выполнены на модели двухмассовой упругой электромеханической системы, представляющей собой асинхронный двигатель с векторным управлением и рабочий орган металлорежущего станка, соединенные шарико-винтовой передачей. Регулятор положения реализован в цифровой форме, представляет собой ПИД-регулятор с упреждающими связями по скорости и ускорению.

Для качественного анализа системы в частотной области разработана методика построения диаграммы Боде, основанная на дискретном преобразовании Фурье с использованием алгоритма FFT, применяемом к тестовому сигналу и реакции системы. В качестве тестового сигнала использована синусоида с линейно нарастающей частотой, подаваемая на сумматор перед выходом регулятора. Реакцией является ответ системы на тестовое воздействие, выступающий в роли задающего сигнала для регулятора тока.

Полученная модель обеспечивает возможность анализа системы управления электроприводом подачи металлорежущего станка с учетом влияния зазора и упругости в шарико-винтовой передаче и позволяет определить частоты колебаний, возникающих в системе, с целью их последующего подавления с помощью цифровых фильтров.

Литература

1. **Башарин А.В.** и др. Управление электроприводами: учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-е, 1982. – 392 с.

*Р.Б. Мицулин, студ.; рук. Л.Н. Рассудов, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

УПРАВЛЕНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫМ СЕРВОПРИВОДОМ НА БАЗЕ СИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ СО ВСТРОЕННЫМ АЦП

Одним из наиболее передовых классов вычислительных устройств, используемых в высокоточных сервоприводах, являются системы на кристалле (СнК). Эти устройства сочетают в себе и мощное процессорное ядро, и программируемую логику, используемую в качестве аппаратного ускорителя вычислений, а также для гибкого построения периферии. В прецизионном сервоприводе также широко используются датчики положения с аналоговым синусно-косинусным выходом. Дело в том, что такой интерфейс позволяет производить окончательную коррекцию, а также интерполяцию сигнала положения не в самом датчике, а в блоке управления сервопривода – цифровом сервоусилителе. Преимущество решения состоит в том, что обработка сигнала датчика происходит с учетом полной информации о системе, что позволяет построить эффективные структуры наблюдения координат сервопривода, что в итоге позволяет повысить позиционное разрешение сервопривода, плавность хода и другие показатели [1].

Очевидным способом подключения к программируемой логике СнК аналоговых энкодеров (абсолютных и инкрементных) является использование сигма-дельта преобразователя. К плюсам такого решения относится высокая помехоустойчивость за счет использования цифрового сигнала, использование цифровой фильтрации сигнала, задействование малого количества дискретных вводов-выводов программируемой логики. Недостатки – значительное время передачи сигнала (порядка десятков мкс при обеспечении требуемого разрешения сигнала выше 11 бит).

В настоящее время на рынке появились СнК со встроенными АЦП, обеспечивающими разрешение 12 бит при времени преобразования около 1мкс [2]. Настоящая работа посвящена исследованию возможностей таких СнК на примере устройства типа ZedBoard [3] по работе с аналоговыми инкрементными энкодерами с интерфейсом 1Vpp.

Литература

1. **М. Тиаркин, А. Балковой.** “Adaptive observer-based converter for signal processing of planar servo drive” Proc. ElConRusNW, St.-Petersburg, Feb. 2-3, 2016. pp. 699-703.
2. 7 Series FPGAs XADC Dual 12-bit 1MSPS Analog-to-Digital Converter. User Guide. Xilinx, 2011.
3. ZedBoard Hardware User’s Guide. Xilinx, 2014.

*Г.Т. Кити, С.Д. Яшагин студенты; рук. А.Н. Богданов, к.т.н.
(КГЭУ, Казань)*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТА С АЛГОРИТМОМ ЛОКАЛИЗАЦИИ

В начале XX в. бурно развивались технологии, позволяющие определить местоположение техники с помощью радиоволн. Также радиолокация активно появляется в нашей повседневной жизни, например, глобальная система GPS (Global Positioning System - система глобального позиционирования) в автомобилях или контроль товара на складах.

Существует множество применений радиолокации. Они развиваются, например, в области ухода за лицом, в больнице, для ухода за детьми, для автоматизации производства, хранения и транспортировки промышленных товаров, а также в области общественной безопасности и обороны. Цель радиолокации - как можно точнее узнать положение мобильного устройства (человека или объекта) в определённой местности. Это может быть, как сельская местность, так и город или здание.

Нами разрабатывается логистический робот, который поможет пассажирам, находящимся в аэропорту, перевозить свой багаж дистанционно, робот с нагруженными сумками будет следовать за человеком на небольшом расстоянии.

Данный робот будет работать на беспроводной сети. Он определяет траекторию движения человека и пошагово следует за ним.

В нём используется три 433 МГц приёмопередатчика, образующих треугольник и имеющие опорную точку, которая позволяет нам синхронизировать посылаемые сигналы [1].

Алгоритм позиционирования мобильных устройств позволяет определить координаты точек траектории движения человека. Эта траектория обрабатывается в микроконтроллере робота, который следует за человеком.

Поскольку результаты этого опыта не являются удовлетворительными из-за скорости передачи радиоволн, которая выше скорости процессора, мы выбрали метод, который является приложением когнитивной робототехники и который может применяться к нашему проекту с помощью алгоритма воссоздания траектории из сенсорных элементов, таких как камеры и ультразвуковые датчики.

Литература

1. **Хашеми Х.** Канал распространения внутреннего радио. Материалы IEEE, том 8, выпуск 7, стр. 943 - 968, 1993.

К.К. Ермаков, студ.; рук. П.В. Вилков, к.т.н., доцент (ИГЭУ, Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТКАЦКОГО СТАНКА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ

В связи с развитием технологий и техники в целом, к системам управления электроприводов предъявляются все большие требования по точности и быстродействию. Особенно жесткие критерии применяются к отбору систем управления в текстильной промышленности. Обеспечение максимальной точности работы отдельных элементов ткацкого станка, строгое следование циклограмме (основной технологической алгоритм) - основа производства технических тканей, в том числе и многослойных.

Традиционные ткацкие станки, основанные на синхронизации всех органов посредством механики, на данный момент не могут отвечать требованиям по универсальности и возможности модернизации отдельных элементов без корректировки механизма в целом [1]. Как следствие, на практике все большее применение находят модульные станки, при помощи универсальной и сложной многоуровневой системы происходит синхронное управление всеми приводами в соответствии с технологическим заданием. Это позволяет упростить обслуживание станка и само производство, а также снизить требование к механике.

Используя методы математического моделирования, была разработана динамическая модель, имитирующая процесс работы специального ткацкого станка по производству многослойных тканей. Проведено моделирование работы в номинальном, наладочном и аварийном режимах.

Положительные результаты моделирования получены в среде Simulink программного комплекса Matlab, проведена систематизация и анализ полученных данных. Посредством оптимизации подобраны коэффициенты регулятора.

Проведено экспериментальное исследование системы в производственных условиях. Сравнительный анализ показал, практически полное совпадение данных полученных при моделировании и снятых с экспериментальной установки. Это позволяет судить о верности синтеза, работоспособности и настройки системы в соответствии с предъявляемыми требованиями.

Литература

1. **Сергеев, В.Т.** Разработка структуры и технологии изготовления многослойной комбинированной ткани из углеродных и кварцевых нитей: автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.т.н.(05.19.02)/Сергеев Владимир Терентьевич; Московский государственный университет дизайна и технологии - Москва, 2014 - xx с.

Секция 26

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Руководитель секции: Рубцов Виктор Петрович

Секретарь секции: Федин Максим Андреевич

*Д.А. Гапонова, аспирантка, Р.Р. Ключин, студент; рук.
А.В. Щербаков, д.т.н., проф.
(НИУ МЭИ)*

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА ПРИ АДДИТИВНОМ ФОРМООБРАЗОВАНИИ

Одними из актуальных и перспективных технологий являются технологии аддитивного производства, где в качестве источника энергии выступает электронный луч, а в качестве материала - металлическая проволока [1]. Однако, эта технология еще не внедрена в промышленность, так как управление процессом является крайне сложной технической задачей. Актуальной задачей является прогнозирование процессов теплопереноса при наплавке. Одним из методов является модель, основанная на уравнении теплопроводности (1):

$$c(T)\rho(T)\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda(T)\frac{\partial T}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda(T)\frac{\partial T}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda(T)\frac{\partial T}{\partial z}\right) + q_v - \frac{\partial \psi_m}{\partial t} L_m \rho(T), \quad (1)$$

где T — температура, К; t — время, с; $\lambda(T)$ — коэффициент теплопроводности Вт/(м·К); $c(T)$ — удельная теплоемкость вещества Дж/(кг·К); $\rho(T)$ — плотность вещества, кг/м³; q_v — количество теплоты, выделяемое внутренними источниками в единице объема в единицу времени при воздействии электронного луча на материал, Вт/м³; x, y, z — декартовы координаты текущей расчетной точки, м; L_m — скрытая теплота плавления металла, Дж/кг; $\psi_m(T)$ — доля расплава в двухфазной области. Другой метод основан на расчете энтальпии с последующим определением температуры (2):

$$\rho(T)\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\lambda(T)}{c(T)}\frac{\partial H}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\lambda(T)}{c(T)}\frac{\partial H}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\lambda(T)}{c(T)}\frac{\partial H}{\partial z}\right) + Q, \quad (2)$$

где H — энтальпия, Дж/кг; t — время, с; $\lambda(T)$ — коэффициент теплопроводности Вт/(м·К); $c(T)$ — удельная теплоемкость вещества Дж/(кг·К); $\rho(T)$ — плотность вещества, кг/м³; Q — количество теплоты, выделяемое внутренними источниками в единице объема в единицу времени при воздействии электронного луча на материал, Вт/м³;

Литература

1. Гибсон Я. и др. Технологии аддитивного производства. Трехмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство М: ТЕХНОСФЕРА, 2016 – 656 стр.

Ю.М. Павлова, асп.: рук. А.Н. Макаров, д.т.н., проф. (ТвГТУ, Тверь)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПОСОБОВ ВВОДА ТЕПЛА В ДУГОВЫЕ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫЕ ПЕЧИ ОБЫЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ И CONSTEEL

В исследовании, проведенном авторами ранее, было выявлено, что наиболее эффективным способом введения тепла в ванну металла является использование электрических дуг, КПД которых составляет 0,69-0,78. В ходе расчета получено, что более эффективными в использовании являются электрические дуги печи ДСП-120об [1].

При изучении проблемы были рассмотрены другие способы ввода тепла в ванну металла. Наиболее эффективным является реакция окисления кислородом железа и других металлов, КПД способа равен единице. Однако стоимость 1 кВт·ч энергии окисления железа в 2,37 раза больше стоимости 1 кВт·ч электроэнергии, поэтому широкое использование данного способа экономически нецелесообразно.

На втором месте по эффективности использования тепла в ДСП находятся электрические дуги, КПД которых 0,69-0,78. Третье место по эффективности использования тепла для нагрева металла шихты в ДСП занимают газокислородные горелки с КПД факела 0,45-0,55 [2].

Четвертое место по эффективности использования тепла для нагрева ванны металла занимает реакция окисления кокса с КПД 0,28-0,36. При сгорании кокса в шлаке выделяется тепло, температура шлака несколько выше температуры ванны металла, шлак передает тепло ванне металла теплопроводностью. При небольшой разности температур шлака и металла эффективность теплообмена невелика и КПД тепла кокса невелик, $\eta_k=0,28-0,36$. При сгорании кокса происходит интенсивное образование высокотемпературного газа. Так как в печь ДСП-120со вводят на 65% больше кокса, чем в печь ДСП-120об, то и количество отходящих газов и потери тепла с газами в ДСП-120со на 73% больше чем в печи ДСП-120об.

Литература

1. **Соколова Ю.М., Макаров А.Н.** Расчет энергетических параметров плавок в электропечах обычной конструкции и Consteel // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: XXIV Междунар. научн.-техн. конф. студ. и асп. М.: НИУ МЭИ, 2018.
2. **Makarov A.N.** Calculations of Heat Transfer in Torch Furnaces by Gas Volume Radiation haws // Word Journal of Engineering and Technology. 2016. №4.

*Э.Ф. Сальманова, асп.; рук-ли В.П. Рубцов; д.т.н., проф.,
М.Я. Погребисский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ВАКУУМНОЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЕЧИ СОПРОТИВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ.

В высокотемпературных вакуумных печах сопротивления (температуры от 1800°C и выше) нагреватели и экранная теплоизоляция выполняется из тугоплавких металлов или углеродных материалов.

Срок службы элементов конструкции печи (нагревателя, экранов и т.д.) зависит от ряда факторов: от рабочей температуры, характера ее изменения во времени, конструкции и размеров элемента, состава атмосферы печи. Он может быть обусловлен постепенным окислением материала в работе и его испарением, или потерей им механической прочности.

Наиболее уязвимым элементом электрической печи сопротивления является нагреватель. Износ влияет не только на его механические свойства, но и на электрические показатели. В вакуумных печах и печах с контролируемой атмосферой износ нагревателей определяется испарением их материала, а также окислением остаточным кислородом с последующим испарением окислов. Уменьшение сечения нагревателя при износе ведет к увеличению сопротивления и, следовательно, к падению выделяющейся в нагревателе мощности.

Разработана структурная математическая модель нестационарных тепловых процессов вакуумной печи Таммана, основанная на уравнениях энергетического баланса для макроэлементов печи (нагреватели, загрузка, теплоизоляция). Модель реализована в среде *Matlab/Simulink*. Модель позволяет прогнозировать срок службы элементов таких печей с учетом зависимости скорости испарения материала от температуры и давления в рабочем пространстве, роста температуры нагревателя с уменьшением сечения при износе, необходимости увеличения напряжения питания нагревателя для поддержания потребного значения мощности при износе. В результате исследования на модели определяются зависимости сроков службы элементов конструкции от их температуры, геометрии, материала и давления в рабочей камере.

Литература

1. **Мармер Э.Н.** Материалы для высокотемпературных вакуумных установок. – Физматлит М.: 2007

*И.О. Добронравов, студ., рук. А.И. Данилушкин, д.т.н., проф.
(СамГТУ, Самара)*

АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОНАГРЕВА ДЛЯ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ ДИСКОВ ТУРБИН

Диски турбины газоперекачивающих агрегатов являются одними из наиболее нагруженных деталей. В условиях высоких температур при циклическом нагружении появляются микротрещины в поверхностных слоях зубцовой зоны. С увеличением времени работы трещины увеличиваются. Если в поверхностном слое детали не создать необходимых условий для предотвращения увеличения микротрещин, эти процессы приведут к усталостному разрушению детали. Применение метода термопластического упрочнения позволяет существенно продлить срок службы газовой турбины. Для нагрева поверхностей деталей при термопластическом упрочнении используется нагрев в печи сопротивления или индукционный нагрев. В работе приводятся результаты исследований различных способов и устройств электронагрева и анализ их технико-экономической эффективности. При термопластическом упрочнении диска без его демонтажа применяется непрерывно-последовательный способ обработки, при котором осуществляют локальный нагрев и последующее охлаждение одного или нескольких зубцов. Для сравнительного анализа методов электронагрева выполнены расчеты температурных полей и энергетических характеристик при нагреве в печи сопротивления и в индукторе. Нагрев в печи сопротивления позволяет осуществить технологический процесс упрочнения диска без его демонтажа, что значительно снижает затраты на ремонтные работы. Однако, печь сопротивления обладает большими габаритами и инерционностью, не позволяющей реализовать быстродействующую систему управления. Из-за длительного времени нагрева и высоких тепловых потерь коэффициент полезного действия данного способа нагрева составляет 30%. Применение индукционных нагревателей дает ряд преимуществ: возможность концентрации энергии в ограниченном объеме, высокая интенсивность нагрева, сокращение времени обработки в ≈ 5 раз, высокая степень автоматизации, простота и плавность регулирования, компактность, удобство обслуживания. Технологические преимущества индукционного нагрева: более высокая точность стабилизации температуры, более высокая надежность и долговечность. Коэффициент полезного действия индукционной системы составляет 65%. Недостаток – более высокая стоимость оборудования из-за необходимости использовать преобразователь частоты и компенсирующее устройство.

Муратов Р.З. студ., рук. Данилушкин В.А., к.т.н., доц., (СамГТУ, Самара)

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В СИСТЕМЕ
“ИНДУКТОР – МЕТАЛЛ – ЖИДКОСТЬ”**

В настоящей работе одним из этапов исследования является разработка математической модели тепловых процессов в сложной физически неоднородной системе сопряженных тел с относительным движением. Существенное различие постоянных времени электромагнитных и тепловых процессов позволяет осуществить разделение во времени процедур расчета внутренних источников тепла и температурных полей в теле нагревателя и нагреваемой жидкости. Данное обстоятельство позволило электромагнитную задачу сформулировать как стационарную, а тепловую представить в форме системы дифференциальных уравнений нестационарной теплопроводности. Общие решения для системы двух сред, температурное поле в которых многомерное, можно получить, используя одновременно интегральные преобразования Фурье или Ханкеля с операционным методом. Решение системы уравнений для ограниченных или полуограниченных тел или комбинации этих тел получено методом функции Грина. В качестве допущения, позволяющего решить задачу до конца, граничные условия сопряжения заменяются на другое условие и вместо контактной задачи для системы двух сред решается задача для однородной среды с некоторыми усредненными параметрами. На основании полученной функции Грина получена передаточная функция для цилиндра по каналу «мощность внутренних источников тепла – температурное распределение по радиальной координате», представляющая собой параллельное соединение одного интегрирующего и бесконечной суммы аperiодических звеньев первого порядка с убывающими по мере возрастания членов ряда постоянными времени звеньев. Коэффициенты передачи аperiодических звеньев для цилиндра зависят от выходных и входных координат соответственно и также убывают по мере возрастания членов ряда. Граничные условия в рассматриваемой задаче можно представить как внешние возмущающие воздействия в виде теплового потока с поверхностей. Таким образом, объект управления в соответствии с преобразованной моделью представляется в виде параллельного соединения распределенных блоков. На основании предложенной модели объекта можно получить передаточные функции для температурного распределения по любому каналу управляющего или возмущающего воздействия.

Самойлов Н.М. студ., рук. Данилушкин В.А., к.т.н., доц., (СамГТУ, Самара)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА В УСТАНОВКАХ ЭЛЕКТРООБЕССОЛИВАНИЯ НЕФТИ

Электрообессоливание нефти производится в электродегидраторах с предварительным подогревом. В настоящей работе для подогрева нефти предлагается использовать индукционный нагреватель, представляющий собой конструкцию, состоящую из двух осесимметричных труб, в кольцевом зазоре между которыми протекает нагреваемая жидкость. Внешняя труба охватывается катушкой индуктора, создающей переменное электромагнитное поле. Применение конструкции с осесимметричными трубами позволяет увеличить площадь теплообмена за счет распределения мощности источников тепла между трубами нагревателя. Начальная температура нефти – $(15 \div 30)$ град., температура на выходе – $(60 \div 90)$ град. Плотность нефти – 980 т/м^3 , теплоемкость – $2,28 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$, коэффициент теплопроводности – $(0,19 \div 0,22) \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$. Ввиду отсутствия в настоящее время в промышленной эксплуатации подобных установок с индукционным нагревателем первоначальные исходные геометрические размеры труб нагревателя приняты с таким расчетом, чтобы в целях удобства монтажа они совпадали или были близки с геометрическими размерами трубопроводной системы, для которой рассчитывается данный нагреватель. На первом этапе рассчитываются внутренние источники энергии в виде плотности вихревых токов в стенке трубы. Для исследования температурных полей в стенке трубы и в потоке жидкости используется численная модель, включающая тепловую и гидравлическую задачи. Вычислительный алгоритм и программа для решения задачи теплообмена включает три расчетных блока – электрический, тепловой и гидравлический. В качестве исходных параметров для расчёта электромагнитных параметров задаются размеры нагреваемого участка трубы, размеры и форма индуктора, физические характеристики материалов, взаимное расположение индуктора и трубы, напряжение и частота источника питания. Параметры индукционной системы: внутренний диаметр внешней трубы – $0,29 \text{ м}$, внешний диаметр вытеснителя (внутренней трубы) – $0,232 \text{ м}$, толщина стенки труб – $0,01 \text{ м}$, рабочий зазор между трубами – $0,05 \text{ м}$. Скорость потока нефти в межтрубном зазоре – $0,03 \text{ м/с}$. Мощность индуктора $18,5 \text{ кВт}$, напряжение 220 В , $\cos \varphi = 0,71$.

*Ахметсангиров Р.И., студ., Шарафиева Ю.Р., студ.,
рук. А.И. Данилушкин, д.т.н., проф. (СамГТУ, Самара)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНДУКЦИОННОГО СМЕСИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ТРЕХФАЗНОГО ИНДУКТОРА С БЕГУЩИМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Исследуется возможность создания смесителя жидких сред на основе трехфазного индуктора с вращающимся магнитным полем для применения в установках непрерывного нагрева вязких неэлектропроводных жидкостей. Необходимость таких устройств определяется, в частности, все более широким использованием систем электроподогрева в нефтегазовой промышленности при транспортировке нефти и вязких нефтепродуктов по трубопроводам. Предлагаемая конструкция состоит из замкнутого цилиндрического магнитопровода с расположенной в пазах обмоткой трехфазного индуктора. В расточке индуктора расположен полый ферромагнитный ротор с короткозамкнутой обмоткой. Ротор установлен в подшипниках качения. На одном валу с ротором находится крыльчатка, закрепленная под определенным углом к плоскости сечения потока жидкости. Крыльчатка предназначена для перемешивания потока жидкости. Назначением предлагаемой конструкции является преобразование электрической энергии, подводимой к индуктору, в механическую энергию для перемешивания жидкости и в тепловую энергию для нагрева. Перемешивание жидкости осуществляется за счет вращения крыльчатки под воздействием трехфазного электромагнитного поля статора. При этом часть энергии, передаваемой индуктором, выделяется в виде тепла во внешней трубе и в роторе, обеспечивая дополнительный подогрев жидкости. При исследовании процессов преобразования электрической энергии индуктора в тепловую и механическую энергию смесителя учитывается зависимость энергетических характеристик индуктора-смесителя от числа пар полюсов статора или от частоты вращения поля статора. В комплексе программ Elcut есть встроенный параметр, учитывающий сдвиг фаз, что позволяет определить источники тепла в теле ферромагнитного ротора и момент вращения на валу ротора. В работе установлена зависимость соотношения мощности, идущей на вращение ротора, и мощности, идущей на нагрев, от частоты вращения поля статора. Как показывают расчеты, изменение частоты вращения оказывает значительное влияние на распределение мощности индуктора между электромеханической и тепловой составляющими. Это обстоятельство может быть использовано для выбора оптимального режима работы индукционного смесителя в зависимости от реологических свойств нефти, прежде всего, от вязкости.

Н.В. Бондарева, асп.; рук. А.А. Базаров, д.т.н. доц. (СамГТУ, Самара)

ИНДУКЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДОГРЕВА ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

Запорная арматура является неотъемлемой частью современных магистральных трубопроводов. При эксплуатации системы важна безотказность и эффективность работы клиновых задвижек. В зимнее время года задвижки деформируются в результате перепадов температуры, что приводит у некоторых типов к заклиниванию и невозможности их открытия. Это снижает надежность работы оборудования и оперативность подачи нефтепродуктов по трубопроводу. Для решения проблемы термонапряжений и деформации клиновых задвижек предлагается использовать индукционный нагрев.

Сложная по форме конструкция запорной арматуры затрудняет процессы анализа тепловых процессов в системе «задвижка – жидкость – окружающая среда». Процесс теплообмена описывается взаимосвязанной системой уравнений Максвелла и Фурье для электромагнитных и тепловых полей соответственно. Для исследования термонапряжений и определения параметров индукционного нагревателя разработаны компьютерные модели в среде Comsol [1, 2].

На первом этапе моделируется распределение температуры и тепловых деформаций, на базе которых производится расчет напряжений по поверхности клина задвижки. Возникающая сила сжатия клина со стороны седла учитывается при расчете тягового усилия привода. Вторым этапом определяется мощность нагрева, требуемая для устранения последствий возникших напряжений. При проектировании индукционных нагревателей учитывается ограничение мощности, накладываемое системой электроснабжения. Все это не позволяет применять индукционные нагревательные системы простых форм, и требует дополнительных исследований при разработке конструкции нагревателя. В модели отражается нелинейное распределение мощности и сложный характер энергообмена. Результаты расчета в виде функции распределения внутренних источников тепла положены в основу определения параметров индукционной нагревательной системы.

Литература

1. **Анкудинов В.Е.** Компьютерное моделирование процессов переноса и деформации в сплошных средах. Ижевск: Удмуртский университет, 2014.– 108 с.
2. **Потапов Л.А.** Comsol Multiphysics: Моделирование электромеханических устройств. Брянск: БГТУ, 2011 - 112 с.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ КПД ДУГ В ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ПЕЧАХ БОЛЬШОЙ И МАЛОЙ ВМЕСТИМОСТИ

Удельный расход электроэнергии на расплавление шихты в малотоннажных печах 475-500 кВт·ч/т, в большегрузных печах удельный расход электроэнергии 360-375 кВт·ч/т. Рассчитали КПД дуг и выявили причину повышенного удельного расхода электроэнергии на расплавление в малотоннажных печах. В малотоннажных печах низкий КПД дуг, равный 0,55-0,57, КПД дуг в большегрузных печах составляет 0,78-0,8.

В дуговых сталеплавильных печах ДСП–120 высота слоя шлака $h_{ш} = 240 \div 360$ мм и $\eta_{д} = 0,78$, в ДСП–100 без использования устройств вспенивания шлака $h_{ш} = 100$ мм и $\eta_{д} = 0,63-0,67$. В печах ДСП–5 высота слоя шлака $h_{ш} = 35$ мм, длина дуги в период расплавления составляет 115 \div 135 мм, 60–70 % длины дуги не закрыто шлаком и дуга 2/3 мощности излучает на футеровки стен и свода, что составляет КПД дуги в окончании расплавления $\eta_{д} = 0,35 \div 0,4$.

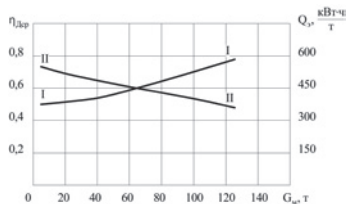


Рис.1 Изменение среднего КПД дуг (I) и удельного расхода электроэнергии на расплавление (II) в зависимости от вместимости и интенсификации процесса плавки в печах.

Низкий средний КПД дуг малотоннажных ДСП объясняется малым расстоянием между дугой и стеной в ДСП и продолжительным воздействием открытых дуг на футеровку. Необходимо использовать устройства для вспенивания шлака при выплавке стали в литейных электродуговых печах малой вместимости.

Литература

1. **Макаров А.Н.** Теплообмен в электродуговых и факельных металлургических печах и энергетических установках // Учебное пособие. - СПб.: Издательство "Лань", 2014. - 384 с.
2. **Соифер В.М.** Выплавка стали в кислых электропечах. М: Машиностроение, 2009. 480 с.

Е.Н. Туренкова, студ.; рук. И.Ю. Долгих, к.т.н., доц. (ИГЭУ, Иваново)
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ИНДУКЦИОННОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ**

Работа посвящена исследованию технологических основ индукционной точечной сварки [1], направленной на получение неразъёмных соединений металлических листов и массивных конструкций различной формы и функционального назначения. Предлагаемый метод основывается на бесконтактной передаче греющей мощности в требуемую область изделия посредством индуктора, располагаемого над свариваемыми объектами в точке необходимого соединения.

Важным этапом разработки новой технологической операции является изучение лежащих в её основе физических процессов, цель которого заключается в определении оптимальных параметров, обеспечивающих наилучшие характеристики с позиции выбранного критерия оценки. Применительно к индукционной точечной сварке наибольший интерес представляет выбор конструкции индуктора, а также частоты и величины тока и времени его протекания, обеспечивающих равномерный нагрев требуемой области частей изделия и высокие энергетические показатели. С этой целью рационально использовать современные методы компьютерного моделирования на основе специализированных программных комплексов, одним из которых является COMSOL Multiphysics, позволяющий осуществлять совместный параллельный расчёт электромагнитных и температурных процессов индукционного нагрева.

Исследование выполнено на модели, разработанной в двухмерной осесимметричной постановке, на примере точечной сварки двух стальных пластин в форме диска толщиной 1 мм и 9 мм соответственно и радиусом 50 мм. Моделирование проводилось с использованием различных вариантов конструкций индуктора в режиме работы источника питания, обеспечивающем стабилизацию тока в индукторе, с возможностью варьирования его частоты и величины.

Полученные результаты показали на перспективность использования предложенного метода, обеспечивающего высокую энергетическую эффективность и производительность процесса создания неразъёмного соединения.

Литература

1. **Патент** 2669138 Российская Федерация МПК В23 К 13/01. Способ односторонней индукционной точечной сварки разнотолщинных деталей и устройство для его осуществления / А.Н. Королёв, И.Ю. Долгих, Л.Б. Корюкин, Е.Н. Туренкова; опубл. 08.10.2018, Бюл. № 28.

*В.О. Чубарова, асп.; рук. М.А.Федин, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

МЕТОД АДДИТИВНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ, ОСНОВАННЫЙ НА ИНДУКЦИОННОМ НАГРЕВЕ С ПОДАЧЕЙ ПРИСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ВИДЕ ПРОВОЛОКИ

Все большее внимание привлекает возможность применения аддитивных технологий в сфере индустриального производства.

Особое внимание уделяется развитию технологий *DMF – Direct Metal Fabrication* – непосредственного выращивания изделий из металла. Эту технологию рассматривают в качестве одной из стратегических технологий для освоения, в первую очередь, в аэрокосмической и оборонной отраслях [1].

В основном, все технологии аддитивного производства основаны на применении в качестве сырья металлических порошков. Однако в связи с неразвитостью российского рынка металлопорошковые композиции для аддитивных машин в основном закупают за рубежом, что ограничивает применение данных технологий для крупногабаритных изделий ввиду дорогостоящего материала.

Альтернативным способом получения 3D моделей из металла является технология аддитивного формообразования, основанная на индукционном нагреве с подачей присадочного материала в виде металлической проволоки. При правильном выборе режимных параметров, при котором проволока будет нагреваться не до жидкого состояния, а до температуры точки образования «скелета», и последующем нанесении материала послойно на подложку, можно добиться однородности структуры изделия и сохранения его формы.

Точка образования «скелета» соответствует температуре, при которой, несмотря на наличие остаточного количества жидкости, в целом отливка ведет себя как твердое тело, что позволит производить последовательную накладку валиков металла на подложку и при этом избегать растекания. На основе этой технологии можно получить новый метод 3D прототипирования.

Литература

1. **Зленко М.А., Попович А.А., Мутьлина И.Н.** Аддитивные технологии в машиностроении. – СПб.: СПбГПУ, 2013. – 221 с.

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

РЕШЕНИЕ ЭЛЕКТРОТЕПЛОВОЙ ЗАДАЧИ ПРИ РАСЧЕТЕ ИНДУКЦИОННОЙ ТИГЕЛЬНОЙ ПЕЧИ С ПРОВОДЯЩИМ ТИГЛЕМ

Индукционные тигельные печи (ИТП) с проводящим тиглем (ПТ) позволяют осуществлять плавку металлов и сплавов, обладающих низкими значениями удельного электрического сопротивления, с высокой энергоэффективностью.

Основная сложность расчета ИТП с ПТ состоит в том, что электрические характеристики материала тигля изменяются в зависимости от температуры t и напряженности магнитного поля H . Можно выделить три характерных режима работы печи: холодный режим, когда тигель магнитный и t его ниже t плавления загрузки и, соответственно, точки Кюри, переходный режим – приближение t к точке Кюри и горячий режим, когда загрузка жидкая, тигель немагнитный, t тигля выше точки Кюри [1].

В связи с этим решить электротепловую задачу расчета ИТП с ПТ во всех трех режимах работы печи аналитически довольно сложно, поэтому необходимо использовать численные методы. На рис. 1. представлен алгоритм решения электротепловой задачи в общем виде, при этом такая задача является связанной и имеет двухкратный итерационный цикл. Результаты расчета магнитного поля переменных токов служат исходными данными для решения задачи нестационарной теплопередачи. Алгоритм содержит нелинейности в случае расчета холодного режима. Для решения этой задачи разработана математическая модель с использованием метода конечных элементов в пакете *ELCUT*.

Литература

1. Fedin M.A., Kuvaldin A.B., Kuleshov A.O., Akhmetyanov S.V., Korolev I.V. Operating modes and electrothermal model of an induction crucible furnace with a conductive crucible // Journal of Physics, Vol. 1059, Issue 1, 2018, 012006.

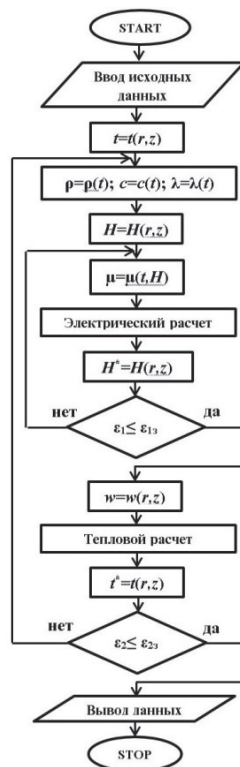


Рис. 1. Алгоритм решения электротепловой задачи

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

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ «ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ ИНДУКТОР - ДИСКРЕТНАЯ ФЕРРОМАГНИТНАЯ ЗАГРУЗКА»

На начальном этапе технологического процесса плавки в индукционной тигельной печи (ИТП) до температуры точки Кюри находится кусковая шихта (рис. 1). По ходу нагрева шихты при переплавке магнитной стали и чугуна электрофизические свойства материала существенно изменяются – с ростом температуры изменяется удельное электрическое сопротивление ρ и относительная магнитная проницаемость μ . Последняя, к тому же, зависит и от напряженности магнитного поля. При этом по мере сплавления кусков и образования ванны жидкого расплава изменяется и гранулометрический состав загрузки. Все это приводит к тому, что параметры схемы замещения ИТП – активное и индуктивное сопротивление (R и X соответственно) существенно изменяются в ходе технологического процесса плавки, особенно для ферромагнитной загрузки. В связи с этим, при расчете системы «цилиндрический индуктор – дискретная ферромагнитная загрузка» необходимо решать нелинейную задачу. Расчет такого режима работы ИТП представляет собой сложную трехмерную задачу.

Для решения такой нелинейной задачи наилучшим образом подходят численные методы. В данной работе используется наиболее универсальный метод – метод конечных элементов.

На базе разработанной математической модели проводится расчет параметров системы «индуктор – дискретная ферромагнитная загрузка». На рис. 2, в качестве примера, приведена геометрическая модель для крупной ИТП емкостью 5 т. Ферромагнитная загрузка в модели представлена системой цилиндров, расположенных параллельно оси индуктора. Высота цилиндров равна высоте индуктора.

Литература

1. А.В. Kuvaldin, М.А. Fedin, Е.Р. Kasatkina, О.А. Polyakov., А.О. Kuleshov Development of mathematical model for calculating electric and power characteristics of induction crucible furnace with lumpy charge on using finite elements method // Proceedings of the 11th IFOST / NSTU. – Novosibirsk, 2016. – P. 91 – 95.

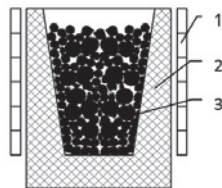


Рис. 1. ИТП с кусковой загрузкой:
1 - индуктор, 2 - тигель,
3 - ферромагнитная шихта

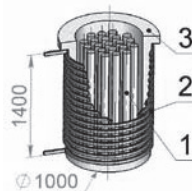


Рис. 2. Геометрическая модель ИТП:
1 - ферромагнитная шихта,
2 - индуктор, 3 - тигель

Е.С. Герасименко, студ.; рук-ли М.А. Федин, к.т.н., доц.; А.Б. Кувалдин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)»

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ МНОГОСЛОЙНЫХ ИНДУКТОРОВ С ВНЕШНИМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Для повышения энергетических показателей индукционных установок целесообразно применять многослойные индуктора [1,2].

Целью данной работы является определение параметров, влияющих на энергетические показатели системы «индуктор-загрузка».

Для исследования данной проблемы разработана математическая модель с использованием метода конечных элементов в программном продукте *ELCUT*.

В ходе исследования было установлено, что:

- применение многослойных обмоток обеспечивает равномерное распределение плотности тока по сечению слоев индуктора (рис.1);

- многослойные индуктора целесообразно применять для материалов с низким удельным электрическим сопротивлением (для нерж. стали КПД 1-слоя индуктора составляет 90%, для алюминия – 49%, 3-слоя индуктора для нерж. стали – 92%, для алюминия – 54%);

- для снижения радиальной толщины многослойной обмотки оптимально использовать внешнее охлаждение индуктора;

- оптимальное значение КПД (55%) в случае нагрева алюминиевой заготовки достигается с использованием 6-слоя индуктора;

- многослойные индуктора целесообразно применять для длинных систем ($\frac{l_2}{d_2} > 5$).



Рис.1.

Литература

1. Демидович В.Б., Растворова И.И. Моделирование индукционных нагревателей легких сплавов перед обработкой давлением [Текст] / Демидович В.Б., Растворова И.И.–СПб.:Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. – 158 с.
2. Патент № 955528. СССР. Индукционное устройство. [Текст] / Кувалдин А.Б., Соколов М.М., Канаева И.В. - №3223097/24-07; заяв. 26.12.80; опуб. 30.08.82, Бюл. №32. – 2 с.ил.

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

РАСЧЁТ СИСТЕМЫ «ИНДУКТОР- КУСКОВАЯ ЗАГРУЗКА» ПО МОДИФИЦИРОВАННОМУ МЕТОДУ ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННЫХ КОНТУРОВ

При плавке шихты в индукционных тигельных печах есть трудности определения электрических параметров. Задача рассматривалась в ряде работ [1, 2]. Метод нуждается в дальнейшем уточнении.

В работе [2] шихту заменяли цилиндрами с высотой, равной высоте индуктора, одного диаметра, расположенными симметрично.

В данном исследовании рассматривается система с большим числом различных цилиндров, расположенных произвольно. Разработанная программа обеспечивает максимальное заполнение цилиндрами с фиксацией их координат и диаметров. На рис.1 указан пример сечения загрузки, заполненной цилиндрами с диаметрами 2, 3 и 4 мм.

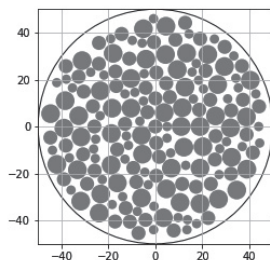


Рис. 1.

После моделирования загрузки программа выполняет: расчёт коэффициентов взаимной индуктивности в каждом цилиндре; из составленной системы уравнений рассчитывает токи во всех цилиндрах; расчёт мощности, КПД и коэффициента мощности.

Предложенная методика позволяет оценить электрические характеристики в зависимости от заполнения дискретной загрузки, размеров цилиндров, их соотношения.

Литература

1. Кувалдин А.Б. Теория индукционного и диэлектрического нагрева. –М.:Изд-во МЭИ, 1999. – 80 с.
2. Федин М.А., Алферова Е.С. Математическое моделирование индукционной тигельной печи с кусковой загрузкой. – Энерго- и ресурсосбережение – XXI век: материалы XII международной научно-практической интернет- конференции, 15 марта – 30 июня 2014г., г. Орёл/ Под ред. д.т.н., проф. О.В. Пилипенко, д.т.н., проф. А.Н. Качанова, д.т.н., проф. Ю.С. Степанова. – Орёл: Госуниверситет-УНПК, 2014. – 187 с. С. 58-60.

А.О. Кулешова, студ.; рук-ль М.А. Федин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИНДУКЦИОННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПЛАВЛЕНИЯ НАПЫЛЕННОГО КОРРОЗИОННОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ

Газопламенное порошковое напыление металлических порошков применяется для восстановления покрытия или нанесения нового твердого коррозионного слоя на поверхность детали, работающей в агрессивных условиях. Технология нанесения такого покрытия разделяется на два этапа: напыление порошка при помощи специальной газопламенной горелки (рис. 1) и последующее расплавление для фиксации на детали при помощи ацетиленовой душевой горелки [1].

Данная технология имеет ограничение по своему применению: при нанесении покрытия на цилиндрические поверхности с диаметром от 170 мм и более применение ацетиленовой горелки для расплавления напыленного порошка невозможно из-за больших тепловых потерь пламени.

Для нанесения защитных покрытий на детали диаметром более 170 мм предлагается дополнить данную технологию установкой индукционного нагрева, которая позволит осуществить быстрый нагрев поверхности до температуры оплавления нанесенного покрытия, равной 1050 °С [2]. На рис. 2 показан процесс оплавления покрытия на лабораторной индукционной установке.

Предложенное решение позволит наносить твердое коррозионностойкое покрытие на ответственные детали механизмов, работающие в условиях агрессивной среды. Данное решение востребовано при восстановлении хромового покрытия штоков гидроцилиндров горнодобывающего оборудования.



Рис. 1. Газопламенная горелка SABAROS Metal Spray Jet (MSJ)



Рис. 2. Фото процесса оплавления покрытия с помощью индукционного нагрева

Литература

1. <http://www.sabaros.ru/>
2. Головин Г.Ф., Замятнин М.М. Высокочастотная термическая обработка: вопросы металловедения и технологии. – Л.: Машиностроение, 1990.

Секция 27

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ

Руководитель секции: Слепцов Михаил Александрович

Секретарь секции: Глушенков Владимир Александрович

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

Задача современных приводных систем заключается в обеспечении процесса регулирования скорости вращения в широком диапазоне, а также возможности осуществление «мягкого пуска» мотора и рекуперативного торможения. На сегодняшний день самым современным решением данных задач является использование в качестве источника питания преобразователя напряжения и частоты.

Частотно-регулируемый привод нужно рассматривать в совокупности с источником электроснабжения, коммутационными аппаратами, кабелями сети, кабелями двигателя, кабелями управления, фильтрами, заземлением, электродвигателем, преобразователем частоты [1], а также условиями их монтажа на объекте и режимами работы всего оборудования.

Необходимо учитывать, что в приводе с частотным преобразователем сумма напряжений фаз никогда не равна нулю. Это становится причиной трудности сохранения на корпусе двигателя нулевого потенциала. Емкостные напряжения и токи в случае плохого заземления статора воздействуют на питающее напряжение и аппараты привода, что приводит к выходу из строя оборудование.

Правильная установка заземления очень важна, но в приводе с преобразователем частоты ему должно быть уделено специальное внимание, чтобы гарантировать:

- работу всех защитных устройств и реле;
- минимальный или допустимый уровень электромагнитных помех;
- допустимый уровень несущего напряжения;
- отсутствие протекания токов через подшипниковый узел тяговых машин (ТМ) [1].

По итогам проведённого анализа для подавления негативного влияния ШИМ-инвертора, на вход преобразователя необходимо устанавливать сетевые и сглаживающие дроссели, фильтры; на выход - дроссели du/dt , моторные дроссели, синус - фильтры. [2] В результате появляется возможность подавлять электромагнитные помехи, ограничивать крутизну нарастания напряжения du/dt , повышается надёжность и долговечность изоляции ТМ.

Литература

1. **ГОСТ Р 55136-2012** Машины электрические вращающиеся // Часть 25.
2. **www.efo-electro.ru**. Сайт Elhand Transformatory.

*Д.Р. Абдуллин, Д.В. Гришук, студенты; рук. А.Э. Аухадеев, к.т.н.,
доцент (КГЭУ, Казань)*

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА «ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ВОДИТЕЛЕЙ РЕЛЬСОВОГО НАЗЕМНОГО ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫМ РЕЖИМАМ ДВИЖЕНИЯ»

Общественный транспорт является одним из ключевых объектов современного мегаполиса. Без полноценного развития общественного транспорта не может нормально развиваться инфраструктура города, существенно снизиться комфорт и безопасность передвижения. Бесперебойная эффективная работа общественного транспорта во много зависит от навыков и умений водителей ПС. Одним из ключевых моментов обучения водителей общественного транспорта является привития им навыков энергоэффективным режимам движения электроподвижного состава. Тем самым, появляется реальная для транспортных предприятий снизить финансовые затраты на закупку энергоносителей [1].

Комплекс состоит из аппаратной части, полностью повторяющей органы управления подвижного состава различных модификаций, а также программной – моделирующей реальные маршрутные системы конкретного города.. Полученные навыки позволят в реальных условиях эксплуатации подвижного состава наземного электрического транспорта обеспечить снижение расхода электрической энергии потребляемой на тягу на 13-15%.

За основу взят программный продукт под названием «**LOTUS-Simulator**». Который представляет собой симулятор общественного транспорта. Для имитационного моделирования реальных режимов движения, использовались скрипты к программе, в которых задавались тяговые характеристики ПС, значения удельного сопротивления движения, пассажиропоток и т.д.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Слепцов М.А., Долаберидзе Г.П., Прокопович А.В.: Основы электрического транспорта - М: Издательский центр "Академия". 2006. - 464 с.

М.В.Усков студ.; рук. А.А.Бриедис, асс. НИУ «МЭИ»
СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ

Современный электропоезд - это сложный электротехнический объект, производство и эксплуатацию которого уже сложно представить без микропроцессорных систем.

Московский железнодорожный узел, в большинстве своём, имеет систему тяги на постоянном токе, в связи с этим основу парка составляют: ЭД4, ЭД4М, ЭД4МКМ, ЭП2Д, ЭД2Т, ЭГ2тв, ЭР2Р, ЭР2Т, ЭС1, ЭС2Г.

Последние серии электроподвижного состава (ЭПС) отвечают требованиям современных задач, но большая часть парка - это ЭПС с низким уровнем энергоэффективности и готовности, но с запасом по сроку эксплуатации.

Целью данной работы является проработка, для наиболее массовых моделей электропоездов, оптимальных бортовых средств диагностики различных узлов состава при его эксплуатации, без использования стационарных средств диагностики в депо. Большую достоверность диагностирования следует ожидать от встроенных средств, так как с любого аппарата в процессе работы можно снять объективную информацию, учитывающую влияние сопутствующих факторов. Сочетание встроенных и стационарных средств контроля является наиболее оптимальным вариантом при разработке систем технического контроля. Важное значение имеет наличие на электропоезде постоянных средств контроля за состоянием цепей управления, обеспечивающих безотказную работу ЭПС в условиях эксплуатации. Это даёт возможность быстро отыскать отказ в схеме ЭПС и освободить перегон.

При выборе диагностических параметров и устройств диагностики, необходимо выполнить исследовательские работы, эксплуатационные испытания и расчёт надёжности. Основу таких исследований составляет изучение условий эксплуатации и закономерностей развития отказов. Ключевой задачей является разработка и выбор датчиков для снятия информационных сигналов и преобразования их в форму, удобную для передачи на средства обработки полученной информации. Датчики должны обеспечивать точность измерений, иметь небольшие размеры, высокую помехоустойчивость и надёжность. Важным направлением в развитии систем диагностики являются микропроцессорные технические средства. Цифровые технологии постепенно внедряются в транспортную отрасль страны, и, по мнению экспертов, именно такие технологии в ближайшее время станут основным трендом в машиностроении. Не станет исключением и железнодорожный транспорт

А.Сбитнева, студ; рук. А.А.Бриедис, асс. НИУ «МЭИ»
**АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТЯГОВЫХ МАШИН
ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ**

Тяговые машины (ТМ) являются самым загруженным оборудованием электроподвижного состава (ЭПС) в связи с тем, что эксплуатация ЭПС сопряжена с частыми изменениями частоты вращения ТМ, степенью загрузки ЭПС и климатических условий эксплуатации. Например, при больших перепадах температур быстрее изнашивается изоляция, меняются характеристики смазочных материалов.

Многие неисправности возникают из-за некачественного обслуживания ТМ, отсутствия должной квалификации у обслуживающего персонала, неправильной эксплуатации, а так же из-за низкого качества используемых деталей и узлов.

Причинами нарушения нормальной работы электрических цепей ЭПС и ТМ в большинстве случаев является короткое замыкание, вызванное пробоем или перекрытием изоляции, изломом, перетиранием, абразивным износом токоведущих частей, ослаблением крепления проводов, нарушением коммутации ТМ.

Многие нарушения работы цепей и неисправности аппаратов обнаруживает машинист или помощник машиниста без каких-либо специальных приборов по поведению ЭПС (медленный разгон, большие толчки, оттяжки и др.), по наличию следов разрушений, искрению, запаху горелой изоляции и т. д.

При возникновении неисправности на линии машинист должен уметь правильно оценить обстановку и применить быстрейший способ ликвидации неисправности с минимальным временем стоянки на перегоне, не допуская сбоев графика движения.

Произведенный анализ свидетельствует о важности диагностирования в технологическом процессе ремонта и эксплуатации для определения остаточного ресурса ТМ. Наличие аппаратных средств диагностирования позволит более достоверно оценивать параметры электродвигателя там, где в настоящее время используется визуальный контроль.

В период жизненного цикла ТМ происходит изменение технических параметров его узлов и деталей, в первую очередь под воздействием старения и износа, причем ухудшение технических параметров ТМ приводит к увеличению числа unplanned ремонтов. В процессе ремонта должна решаться задача не только восстановления работоспособности системы, но и прогнозирования ее остаточного ресурса.

Д.В. Грищук, студ.; рук. Р.Н. Хизбуллин, к.т.н., доцент (КГЭУ, Казань)

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА КАЗАНИ

Для любого современного города общественный транспорт является важным инфраструктурным элементом, определяющим уровень жизни населения. Развитый общественный транспорт привлекает потенциальных пользователей, что способствует разгрузке городских улиц от автомобильного трафика и уменьшению выброса выхлопных газов [1].

В работе с опорой на данные, полученные в результате непосредственного наблюдения или изучения открытых источников, автором анализируется текущее положение системы городского электрического транспорта в Казани, предлагаются и обосновываются пути оптимизации ее работы с целью экономии бюджетных средств, а также повышения качества обслуживания. Среди них:

1. восстановление трамвайной линии по улицам Татарстан, Пушкина, К. Маркса и Н. Ершова за 1,5 млрд. руб., которая будет обладать провозной способностью до 10 тыс. чел./час и окупится за 6 лет;
2. модернизация и резервирование системы тягового электроснабжения троллейбусных линий, проводимое в т. ч. при использовании вновь построенных тяговых подстанций для вышеупомянутой линии трамвая;
3. приостановка строительства новых участков метрополитена ввиду низкой загруженности действующей линии, отсутствия потенциально значительного роста пассажиропотока и высокой стоимости проходки участков;
4. автоматизация процесса оплаты проезда и организация системы его контроля;
5. параллельная реформа системы автобусного транспорта, как неотъемлемой части общей транспортной системы.

Согласно проведенным расчетам, реализованные мероприятия помогут экономить до 1 млрд. 385 млн. руб. из бюджетов предприятия-оператора МУП «Метроэлектротранс», города Казань и республики Татарстан ежегодно.

Литература

1. **Липсиц Л.М.** Общественный транспорт в крупных городах России: перспективы развития // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2010. №6 (31).

*Д.Р. Абдуллин, студент; рук. Р.Н.Хизбуллин, к.т.н.,
доцент(КГЭУ, Казань)*

"РАЗВИТИЕ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА К 2030 ГОДУ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ"

Электрический транспорт имеет исключительно большое значение для жизни людей, производственной деятельности и быта населения. Его организационно-техническое состояние влияет на качество жизни людей, на их здоровье (в том числе - экологическое) и трудоспособность. В этом отношении он является в значительной мере конкурентным видом транспорта по отношению к автомобильному. В течение года пассажирооборот только трамвайного транспорта составляет около 20 млрд. пассажиро-километров.

Электрический транспорт является энергоемким видом хозяйственной деятельности, существенно влияющим на экономические стороны жизни города, страны в целом. По данным Госкомстата России величина потребляемой электроэнергии предприятиями электрического транспорта городов России за 2010 год составила 3 млрд. кВт*ч, это около 4% от общего электропотребления всеми видами электрического транспорта, включая магистральный нефте-, нефтепродукто- и газопроводный транспорт. [1].

Планы реализации развития городского электрического транспорта к 2030 году:

- 1) Обеспечение доступности и качества услуг ГЭТ в сфере пассажирских перевозок, соответственно с транспортными стандартами.
- 2) Повышение уровня безопасности и снижения негативного воздействия
- 3) Формирование интегрированной технологической и информационной среды функционирования ГЭТа в едином транспортной системе РФ.
- 4) Развитие системы высшего и среднего профессионального образования в областях ГЭТ, а также научные исследования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. **Распоряжение Правительства РФ от 22.11.2008 N 1734-р (ред. от 12.05.2018):** <О Транспортной стратегии Российской Федерации>.

Д.В. Грищук, студ.; рук. А. Э. Аухадеев, к.т.н., доцент (КГЭУ, Казань)

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ ЗАРЯДНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ НА БАЗЕ СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Заботясь об экологии, правительства многих стран, в том числе и России, озабочены поиском возможностей перехода от традиционных автомобилей с двигателями внутреннего сгорания к электромобилям [1]. Одним из основных ограничивающих факторов развития рынка электромобилей является недостаток зарядной инфраструктуры.

В исследовании, направленном на решение вышеупомянутой проблемы, при грантовой поддержке ФГБОУ «Фонд содействия инновациям» ведется разработка мобильной зарядной станции для электромобилей, размещаемой на базе кузова троллейбуса. Аналогов данной технологии в мире найдено не было.

На данный момент реализован промежуточный этап проекта – автором создан габаритно-весовой макет мобильной зарядной станции на базе поводковой тележки с использованием аккумуляторных батарей автономного хода троллейбуса, представленный на рисунке 1.



рис. 1. Габаритно-весовой макет мобильной зарядной станции

В дальнейшем планируется тестирование его электрических параметров и способов его зарядки от тяговой сети городского электротранспорта. Таким образом, города с уже существующей контактной сетью троллейбуса смогут дать ей иное использование, а также расширить зарядную инфраструктуру для электромобилей.

А.Лаврова, студ.; рук. К.А.Былинина, асс. НИУ «МЭИ»

ГОРОДСКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ. РАСЧЕТ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ ТРАМВАЯ.

Тяговая подстанция (ТП) — является одним из важнейших элементов системы тягового электроснабжения (СТЭ); представляет собой электроустановку, предназначенную для преобразования и подачи электроэнергии в сеть электротранспорта. Это специализированное оборудование, применяемое железнодорожной, трамвайными, троллейбусными системами, метрополитеном.

Тяговые подстанции для трамвайного и троллейбусного транспорта служат для преобразования трехфазного переменного тока (обычно напряжением 6 или 10 кВ) в постоянный ток. Напряжение постоянного тока для городского электротранспорта составляет: на токоприемнике трамвая и троллейбуса 550 В, на шинах тяговых подстанций 600 В. Питание тяговых подстанций электроэнергией производится по воздушным или кабельным линиям напряжением 6 или 10 кВ от энергосистемы. Тяговые подстанции делятся по количеству агрегатов на:

- одноагрегатные;
- многоагрегатные;

Целью работы является оценка надёжности электроснабжения при разных схемах питания тяговой сети.

По способу управления тяговые подстанции подразделяют на группы. Первая группа электроустановок нуждается в участии обслуживающего персонала. Вторая группа полностью автоматизирована. К третьей относится телеуправляемая техника. В управлении такими подстанциями не требуется участие персонала.

Тяговую подстанцию следует проектировать с учетом следующих требований: здание должно соответствовать строительным нормам и обеспечивать требуемые условия эксплуатации установленного оборудования (тепловые режимы работы, степень защищенности оборудования и т.п.); уровень шумов от тяговой подстанции на должен превышать установленный СНиП II-12-77

Литература

1. Основы электрического транспорта: учебник для студ. высш. учеб. заведений [М.А. Слепцов; Г.П. Долаберидзе; А.В. Прокопович; Т.И. Савина; В.Д. Тулупов]; под общ. ред. М.А. Слепцова. – Издательский центр «Академия», 2006 – 464 с.
2. Тяговые подстанции трамвая и троллейбуса. Загайнов Н. Л, Финкельштейн Б. С. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., «Транспорт», 1978, 336 с.

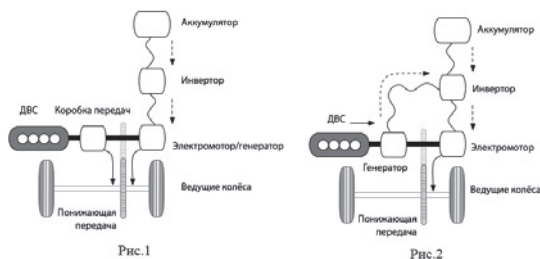
И.А. Алесин, студ; рук. М.В. Румянцев, ст.пр-ль НИУ «МЭИ»

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ

Как известно, в мире возникает потребность совершенствования легковых автомобилей с двигателями внутреннего сгорания из-за ряда недостатков, таких как: низкий средний энергетический показатель, загрязнение атмосферного воздуха, отсутствие режима рекуперации. Для решения этой задачи нужно повысить энергоэффективность транспортного средства и уменьшить его негативное влияние на окружающую среду. Электромобиль решает поставленные задачи, но он является более дорогой альтернативой. В данной работе мы рассматриваем гибридный автомобиль, так как он менее дорогостоящий, но отвечает поставленным требованиям.

Существует несколько типовых схем устройства гибридного автомобиля. Параллельная схема: в таком гибриде реализовано два потока энергии от теплового двигателя (ТД) и от тягового электродвигателя (ТЭД) к ведущим колёсам. (Рис. 1). В последовательной схеме ТД работает для заряда батареи электродвигателя. Автомобиль приводится в движение только ТЭД (Рис. 2). Существуют также различные варианты комбинированных схем. Для наиболее полной реализации преимуществ электрической тяги в работе выбрана последовательная схема. В качестве ТД предлагается газовая турбина, обладающая наиболее высокой удельной мощностью по сравнению с двигателем внутреннего сгорания. ТД с генератором образуют энергетическую установку (ЭУ), являющуюся первичным источником мощности для тягового привода.

Целью работы является расчет мощностных характеристик и массогабаритных показателей газотурбинной ЭУ для гибридного автомобиля последовательной схемы.



М.Д. Силаев, студ.; рук. М.В. Румянцев, ст. преподаватель НИУ «МЭИ»

НАКОПИТЕЛЬ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОБУСА

Весь мир страдает от чрезвычайно сильного загрязнения воздуха, связанного с выбросами промышленности и транспортных средств. Поэтому принимаются активные меры по электрификации транспорта, в том числе общественного. Лидером в этой сфере является Китай — именно на него сегодня приходится 99% мирового парка электробусов. Интерес к электробусам объясняется тем, что их применение в перспективе позволит сократить эксплуатационные расходы, упростить техническое обслуживание подвижного состава, снизить уровень вредных выбросов. В России также происходит внедрение электробусов, например в Москве и Санкт-Петербурге. Электробусы конструктивно различаются по способу зарядки:

–ночная зарядка в парках, характеризуется длительным временем — 6–10 часов и требуемой высокой мощностью зарядных станций, т.к. одновременно в парке заряжается практически весь инвентарь. При этом позволяет не терять время на зарядку при работе на линии;

–т.н. «быстрая» зарядка – зарядка на остановках и конечных станциях. Преимущество ее состоит в том, что электроснабжение происходит на линии без заезда в парк и длительного простоя. Недостаток – высокий ток зарядки негативно сказывается на аккумуляторных батареях;

–т.н. «динамическая» подзарядка. Электробус должен быть оснащен штанговыми токоприёмниками, благодаря которым зарядка осуществляется в процессе движения под контактной троллейбусной сетью. Время зарядки составляет от 10 до 30 минут. В результате аккумуляторные батареи обеспечивают автономный ход электробуса на расстояние от 20 до 70 км. Данное расстояние вполне достаточно для создания новых маршрутов общественного транспорта.

В электробусах в качестве накопителя используются аккумуляторы или суперконденсаторы.

Целью работы является расчет значения автономного пробега электробуса, пассажироместимости, а также емкости и массы накопителя.

Направление

ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Научный руководитель направления —
зав. каф. ИЭиОТ, д.т.н. О.Е. Кондратьева

Секция 28

ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Руководитель секции: Кондратьева Ольга Евгеньевна

Секретарь секции: Бурдюков Дмитрий Алексеевич

*В.В. Баранов, студент; рук. П.В. Росляков, д.т.н., профессор
(НИУ МЭИ)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВНЕДРЕНИЯ СЕРООЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ НА УГОЛЬНЫХ ТЭС В РФ

Новое природоохранное законодательство, направленное на снижение негативного воздействия на окружающую среду с использованием наилучших доступных технологий (НДТ), дало стимул для внедрения природоохранных технологий в российской промышленности. Для этого были разработаны информационно-технические справочники (ИТС) по НДТ для 33 отраслей промышленности. В то же время решения по снижению выбросов оксидов серы с дымовыми газами угольных ТЭС, предложенные в справочнике ИТС 38-2017 «Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии» [1], не смогут значительно улучшить ситуацию российской теплоэнергетики.

В настоящее время за рубежом активно используются серийные технологии сероочистки дымовых газов: мокро-сухая сероочистка газов с циркулирующей инертной массой “NID”, упрощенная сероочистка по технологии “E-SO_x”, мокрая сероочистка с получением товарного гипса, которые к сожалению, не включены в перечень рекомендуемых НДТ.

Уже с 2019 г. первые 300 российских предприятий I категории, на долю которых приходится не менее 60 % от суммарных выбросов и сбросов [2], должны перейти на нормирование на принципах НДТ, в том числе по выбросам оксидов серы.

В этой связи становится актуальной задача технического и экономического анализа возможности внедрения сероочистки дымовых газов на российских угольных ТЭС. В рамках данной работы проведены выбор перспективных технологий сероочистки газов для всех российских угольных ТЭС I категории и сравнительная оценка суммарных капитальных и эксплуатационных затрат на их внедрение для достижения технологических российских [1] и европейских технологических показателей.

Литература

1. **ИТС 38** (ИТС НДТ КТЭУ) «Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии», Бюро НДТ [Электронный ресурс] : http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1132&etkstructure_id=1872
2. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 18 апреля 2018 г. № 154 "Об утверждении перечня объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, относящихся к I категории, вклад которых в суммарные выбросы, сбросы загрязняющих веществ в Российской Федерации составляет не менее чем 60 процентов".

Д.А. Воронков, Е.М. Мясникова, студенты; рук. М.С. Хвостова, к.з.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ «ОСНОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ...» 2012 И 2018 ГГ.

Ядерные технологии заняли прочные позиции в современном мире. Однако данному направлению требуется соответствующее законодательное регулирование, поскольку деятельность в области использования атомной энергии обусловлена рисками для окружающей среды и здоровья людей. До 1995 г. в России не существовало законов, регулирующих функционирование ядерного комплекса, но за последние годы ситуация изменилась. Особое значение имеют «Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу» [1].

В работе проведено сравнение документа 2018 г. с предыдущей редакцией «Основ...» 2012 г. [2]. В новой редакции появился ряд изменений, многие части документа были переработаны и дополнены. Обозначены новые приоритеты отрасли, в частности, создание системы учета и контроля устройств, генерирующих ионизирующее излучение, медико-дозиметрического регистра работников атомной энергетики, системы обращения с отработавшим ядерным топливом и с радиоактивными отходами, а также систему учета объектов ядерного наследия. Стоит отметить следование принципу импортозамещения, возрастание роли общественности в принятии решений в области использования атомной энергии.

Однако, наряду с положительными тенденциями, в документе отслеживаются и проблемные вопросы, такие как увеличение среднего возраста работников организаций и малый рост числа молодых специалистов, наличие объектов ядерного наследия, накопление отработанного ядерного топлива и радиоактивных отходов, наличие в России территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате радиационных аварий и катастроф, а также групп населения с повышенными уровнями радиоактивного облучения.

Факт разработки новых «Основ...» говорит о понимании государством важности и перспективности развития атомной отрасли.

Литература

1. Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу. Утверждены приказом Президента РФ от 13.10.2018 № 585 // Собрание законодательства РФ, 15.10.2018, N 42 (часть II), ст. 6447.
2. Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу. Утверждены Президентом РФ от 01.03.2012 № Пр-539. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902385694>. (Дата обращения: 16.12.2018).

М. Д. Родионова, студент; рук. И. В. Королев к.т.н., доц. (НИУ МЭИ)
Решение проблем экоурбанистики в крупных городах

Экоурбанистика занимается сближением человека с природой и созданием комфортной среды обитания.

Одной из множества проблем в городах, является многочисленное строительство заборов и постоянное ограждение территорий высокими заборами. Установлено, что территорию, за границей нашего забора, мы уже не считаем своей и более того – мы считаем ее чужой, несмотря на то, что она может быть как общей, так и принадлежать муниципалитету [1].

Согласно [2] ограждение должно исключать проход людей, въезд транспорта и затруднять проникновение правонарушителей на объект. В этом случае высота предупредительного ограждения составляет не менее 1,5 метра. Но в случае возникновения чрезвычайных ситуаций высокий забор для населения будет служить преградой, мешающей эвакуации из опасной зоны. Также заборы мешают службам скорой, пожарной помощи и полиции быстро реагировать и прибывать на место.

Проблемой на территории Москвы стало ограничение доступа в парки и лесопарки – с помощью заборов огораживаются территории и ограничивается доступ населения, путем закрытия калиток и ворот [3].

В работе анализируются нормативные документы по данной тематике и установлено, что ограждение должно быть сетчатым. Далее исследуется опыт решения данной проблемы за рубежом – заборы или значительно ниже, либо используется живая изгородь.

В нашей стране привыкли огораживать свои территории, и кажется чем больше замков и заборов, тем лучше ты защищен. Но с другой стороны, если нужна будет помощь или срочная эвакуация можно попросту не успеть.

Таким образом, предлагаются следующие варианты решения данной проблемы:

- снижение уровня заборов до уровня 0,5 м или ниже,
- замена сплошных заборов на сквозные (решетчатые),
- посадка кустов и деревьев вместо заборов,
- уменьшение количества заборов вокруг парков и лесопарковых зон либо увеличение проходов на данные территории.

Список литературы

1. Федеральный закон "О кадастровой деятельности" от 24.07.2007 N 221-ФЗ
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 октября 2014 г. №1130 г. Москва «Об утверждении требований к антитеррористической защищенности объектов (территорий)»
3. <https://echo.msk.ru/blog/kuzeev/2148166-echo/> (дата обращения: 04.12.2018)

*Р.В. Гурина, асп.; Р.Ф. Нечаев, студ.; рук. Т.А. Кулагина, д.т.н., проф.
(СФУ, Красноярск)*

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОНОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ НА ГОРОДСКИХ АВТОПАРКОВКАХ»

В настоящее время крупные промышленные города являются центрами острейших экологических проблем. Все отчетливее проявляются такие последствия урбанизации как загрязнение городской среды от деятельности автомобильного транспорта. Его высокотоксичные, в том числе и канцерогенные выбросы, создают опасные концентрации на уровне дыхания человека и из-за слабого рассеяния оказывают постоянное негативное воздействие. Особенно остро данная проблема проявляется на открытых автостоянках в жилой зоне. Выхлопные газы, шум от автотранспорта – это плата за удобства перемещения.

Цель работы – Определение концентраций вредных выбросов от автомобильных двигателей в зоне дыхания человека.

Было проведено несколько серий экспериментальных исследований, характерных для холодного и переходного времен года, когда перед эксплуатацией двигателя автомобилей необходимо разогревать. В результате исследования выявлены значительные превышения концентраций вредных веществ у жилого дома на проспекте Свободный, в холодный период года.

Таблица – планируемый предотвращенный выброс загрязняющих веществ

Период эксперимента	Кол-во машин	Концентрация загрязняющих веществ					
		СО		NO		SO ₂	
		г/мин	т/год	г/мин	т/год	г/мин	т/год
Холодный	7	2,7436	0,3556	0,8502	0,1102	0,00135	0,000175
	56		2,8448		0,8816		0,0014
Переходный	5	4,479	0,7740	0,6299	0,1088	0,00099	0,000171
	56		8,6688		1,2186		0,001916
Всего			11,5136		2,1002		0,0033
Итого							13,6171

Доказана экономическая и экологическая целесообразность осуществлять режим подогрева двигателей легковых автомобилей за счет использования электроподогрева, что приведет к улучшению качества атмосферного воздуха в крупных городах.

Литература

1. Кулагина Т. А., Кулагина Л.В. Теоретические основы защиты окружающей среды: учебное пособие / Сиб. федер. ун-т, Политехн. ин-т. – 2017– 364 с.
2. Коссой Ю.М. Экология городского транспорта. – Н. Новгород: Изд-во “Штрих-Н”, 2007. – 230 с.

Е.А. Журавлев, аспирант; рук. Д.В. Чугунков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИСПЫТАНИЯ ШУМОЗАЩИТНОГО КОЖУХА ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА КОТЛА

Оборудование энергетических объектов при штатной эксплуатации может излучать повышенный шум. Одним из интенсивных источников шума является горелочное устройство котла. Шум от горелочного устройства, в основном, исходит от воздухозабора и электродвигателя вентилятора. Описание разработанной авторами конструкции шумозащитного кожуха НИУ «МЭИ» для снижения шума от горелочного устройства котла приведено в [1].

Настоящая работа посвящена натурным испытаниям в соответствии с [2] шумозащитного кожуха, изготовленного на ОПЗ МЭИ. Экспериментальная установка по определению акустической эффективности состояла из генератора шума 1, источника шума 2, расположенного внутри кожуха 3, и анализатора шума 4 (рис.1). Акустические измерения проводились в пяти точках, расположенных в центрах граней кожуха (по периметру и сверху) на расстоянии 250 мм при излучении белого шума. Акустическая эффективность определялась по разности уровней звукового давления и уровней звука в точках измерений с кожухом и без кожуха на одинаковом расстоянии от источника шума.

По результатам испытаний акустическая эффективность составила 9-24 дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 125-8000 Гц или по уровню звука 21 дБА.

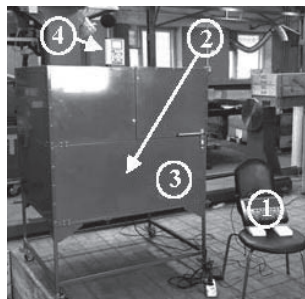


Рис. 1. Испытания шумозащитного кожуха НИУ «МЭИ»:

- 1 – генератор шума;
- 2 – источник шума, расположенный внутри кожуха;
- 3 – кожух;
- 4 – анализатор шума

Литература

1. **Шумозащитный кожух горелочного устройства:** пат. 169403 Рос. Федерация: МПК F23D 14/46/ Д.В. Чугунков, Г.А. Сейфельмлюкова, А.С. Дрозд, Е.А. Журавлев; заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ». – № 2016127236; заявл. 06.07.2016; опубл. 16.03.2017, Бюл. № 8.
2. **ГОСТ 31326-2006** «Шум. Руководство по снижению шума кожухами и кабинками».

Н.М. Ефанов, студент; рук. Н.В. Озерова, к.т.н., доцент (НИУ «МЭИ»)

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УТИЛИЗАЦИИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ УГОЛЬНЫХ ТЭС

За последние 10 лет объем добычи российского угля вырос почти на четверть [1]. В соответствии с энергетической стратегией России на период до 2030 г. предусмотрено развитие угольной энергетики на базе новых экологически чистых технологий использования угля и сопутствующих ресурсов.

Ежегодно Российские ТЭС производят примерно 22 млн. тонн золошлаковых отходов. В связи с этим возникает необходимость использования золы в качестве сырьевого компонента.

Под золошлаковые отходы ТЭС в нашей стране отчужденно более 28000 га, на которых размещено свыше 1,7 млрд. тонн золошлаков. И часто расширение золошлакоотвалов невозможно из-за их близкого расположения к зоне жилой застройки.

В работе были проанализированы технологии утилизации золы. Наибольшее распространение на сегодняшний день получили, такие технологии как использование золы в качестве добавок к строительным материалам, извлечение из золы металлов, использование золы в качестве удобрений, использование в качестве техногенного грунта, а также использование недожога в качестве топлива. Произведен расчет капитальных и эксплуатационных затрат, расчет эколого-экономической эффективности и времени окупаемости некоторых методов утилизации золы [2].

Утилизация золошлаковых отходов является выгодной. В зависимости от выбранного метода в результате утилизации золы можно получить ряд экономических преимуществ таких как, снижение себестоимости продукции, освобождение земельных участков, отведенных под золошлакоотвалы, снижение затрат на топливо.

Анализ полученных данных показал, что универсального способа утилизации золы нет, а выбор метода зависит в большей степени от свойств золы. При правильном подборе метода утилизации золошлаковых отходов время окупаемости технологического цикла снижается.

Литература

1. **Распоряжение Правительства Российской Федерации от 24 января 2012 г. №14-р** «Долгосрочная программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года».
2. **Озерова Н.В., Кондратьева О.Е.** Управление отходами учебное пособие-М.: Издательство МЭИ, 2017. – 118с.

*И. А. Солдатенков, студент; рук. В. Т. Медведев, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ШУМА ОТ ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ЛАБОРАТОРНО-ЛЕКЦИОННОМ ПОМЕЩЕНИИ

В образовательных учреждениях одной из главных ценностей является информация. Её получение может быть затруднено отвлекающими факторами, чем зачастую является шум. Допустимые уровни шума для учебных помещений регламентируются СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах". Акустически необорудованное помещение при превышении санитарных норм может привести к снижению восприятия, задержке интеллектуальных процессов учащихся, находящихся в нём в среднем на протяжении 6-ти академических часов в количестве 25 человек. Сильный шум ведёт к снижению остроты слуха, развитию желудочно-кишечных заболеваний, нарушению обмена веществ. Продолжительный и интенсивный шум значительно снижает производительность труда и может являться причиной травматизма.

Основными источниками шума в лабораторно-лекционном помещении являются электромеханические устройства (трансформаторы, дроссели) [1], система охлаждения и др. Наиболее чувствительно ухо человека к колебаниям в области средних частот: от 1 до 4 кГц [2], следовательно, задача ставится таким образом, чтобы не допустить превышения уровней звукового давления, прежде всего в пределах данного диапазона частот. При этом следует учесть, что интенсивность звука, соответствующая нижнему порогу слышимости, при частоте колебаний 1 кГц, равна $10 - 12 \text{ Вт/м}^2$, а верхнему 10 Вт/м^2 . При интенсивности звука больше верхнего порогового значения в органах слуха человека вместо звукового возникает болевое ощущение.

Для уменьшения шумового воздействия предлагается обеспечить акустическую эффективность путём акустической обработки помещения, переходом на цифровую технику. Проведён сравнительный анализ существующих методов по снижению шума и предложены оригинальные решения для комфортных акустических условий в учебной лаборатории.

Литература

1. **Медведев В. Т., Геча В. Я., Мальшев В. С.** Вибрации и шум электрических машин, трансформаторов и реакторов. - М.: Издательство МЭИ, 2018.
2. **Медведев В. Т., Скибенко В. В., Макаров А. К., Новиков С. Г. и др.** Инженерная Экология. -М.: Гардарики, 2002.

*М.С. Москвина, студент;
рук. А.Л. Суздалева, д.б.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

В настоящее время в мире существует проблема глобального загрязнения биосферы и необратимого сокращения природных ресурсов. В результате унаселения формируется экологический страх, а в обществе ужесточаются экологические требования к производственным объектам, как на стадии проектирования, так и при эксплуатации.

Представление, существующее в массовом сознании общества, об экологической опасности объекта, т.е. экологический имидж, возникает в любых условиях, даже при полном отсутствии какой-либо достоверной информации. Без создания позитивного экологического имиджа население воспринимает строительство нового энергетического объекта, как потенциальную угрозу [1, 2]. Так, в 90-годах проект Катунской ГЭС был подвержен жесткой критике со стороны общественных организаций и отдельных специалистов. Основными аргументами противников ГЭС были негативное воздействие на уникальный целебный климат Алтая, ущерб флоре и фауне в большом радиусе, наличие месторождений ртути в зоне затопления. Распад СССР и отсутствие работы по формированию позитивного экологического имиджа не позволили осуществить проект [3].

При оценке экологического воздействия нельзя ограничиваться только рассмотрением негативных аспектов. Необходимо одновременно оценивать значимые экологические аспекты позитивного воздействия ГЭС, которыми являются ее природоохранные и средозащитные функции. Это может послужить основой для формирования в общественном сознании позитивного экологического имиджа объектов гидроэнергетики. Для этого на всех объектах требуется выполнение специальной программы, включающей в себя: 1) анализ значимых экологических аспектов функционирования объектов гидроэнергетики; 2) экологический контроль и мониторинг для выявления негативных экологических явлений, не связанных с гидроэнергетикой; 3) экологическая оценка всех водопользователей; 4) публикация полученных материалов в СМИ.

Литература

1. Суздалева А.Л. Улучшение общего и экологического имиджа объектов атомной энергетики // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2017. №1. С. 147-155.

2. Безносков В.Н., Родионов В.Б., Суздалева А.Л. Формирование экологического имиджа промышленных объектов // Экология производства. 2007. №1 (30). С. 22-26.

3. РусГидро «Жертвы перестройки. Катунская ГЭС» [Электронный ресурс]. URL: <http://blog.rushydro.ru/?p=214> (дата обращения 18.11.2018).

СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА В ВЫБРОСАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Сжигание газообразного топлива в процессе производства электроэнергии сопровождается выделением высокотоксичных диоксидов азота, разработка технологического решения по уменьшению образования которых является актуальной задачей энергетики и экологии.

Содержание NO_2 в отходящих дымовых газах зависит от конструктивных особенностей котельных агрегатов, режима горения и графика тепловых нагрузок. Помимо применения методов очистки продуктов сгорания возможно усовершенствование процесса горения топлива с помощью рециркуляции дымовых газов с применением специальных горелочных устройств. Данный метод является наиболее перспективным, т.к. обладает высокой эффективностью (до 85%) и низкой стоимостью по сравнению с другими методами [1].

Объектом данного исследования является газифицированная промышленно-отопительная котельная, расположенная в городе Казань. Котельная оснащена тремя паровыми котлами ДЕ-6,5/14. С целью определения количества диоксидов азота, образующихся в процессе сжигания газообразного топлива, проведены экспериментальные исследования при помощи газового анализатора testo 330-1 и термоанемометра testo 425.

Таблица 1. Результаты экспериментальных исследований

Параметр	Нагрузка			
	25 %	50 %	75 %	100 %
Расход топлива, м ³ /ч	105,6	272,2	338,6	452,9
Расход дымовых газов, м ³ /ч	1192,7	2858,1	3758,5	4710,2
Массовый выброс NO_2 , кг/ч	0,087	0,225	0,28	0,375
Концентрация NO_2 в уходящих газах, мг/м ³	73	79	75	80

Результаты данного исследования показали, что количество образующейся двуокиси азота при малых нагрузках котла практически равно количеству на стопроцентной нагрузке. Эти параметры зависят от индивидуальных особенностей конструкции котла и расположения горелочного устройства.

Литература

1. Кобзарь С.Г., Халатов А.А. Снижение выбросов оксидов азота в газовых котлах методом рециркуляции дымовых газов // Пром. теплотехника. 2009. Т. 31. № 4.

Д.А. Богданова, студ.; рук. Р.Е. Липантьев, к.т.н., ст.преп. (КГЭУ, Казань)

ОЦЕНКА УРОВНЯ ШУМА, СОЗДАВАЕМОГО ВЫБРОСАМИ ПАРА НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

На сегодняшний день в связи активным формированием территорий жилой застройки г. Казань, находящихся вблизи промышленных объектов возникает проблема влияния производственного шума на границе и за границей их площадок. От энергетического объекта излучается, как правило, шум от целой группы источников, воздействие которого отрицательно влияет на психоэмоциональное здоровье людей. В этой связи, осуществление мер по снижению шумового воздействия оборудования и установление реальных границ санитарно-защитных зон энергетических предприятий является актуальной задачей.

Объектом настоящего исследования являлось предприятие, на территории которого расположена промышленно-отопительная котельная. Источником возникновения шума на данном объекте являются выбросы пара из предохранительных клапанов парового котла ДКВР-4/13. С целью изучения степени влияния шумового воздействия выбросов пара, проведен ряд экспериментальных исследований, результаты которых позволяют оценить степень его распространения. В ходе эксперимента, измерения уровня звукового давления проводились на границе территории промышленного предприятия с территорией жилой застройки.

По результатам экспериментальных исследований было выявлено, что на границах некоторых участков фактический уровень звукового давления не соответствует нормативам в диапазоне частот 125-1000 Гц. При этом фактический уровень звука превышает установленную норму 80 дБА, что говорит о проблеме, требующей незамедлительного решения [1].

Обзор современной литературы по данному направлению показал, что выбор мероприятия по снижению уровня звукового давления должен проводиться после проведения акустического обследования предприятия, расчетов уровней шума и учета индивидуальных особенностей источника шумового воздействия [2].

Литература

1. **Тупов В.Б.** Снижение шума от энергетического оборудования. М.: Издательство МЭИ. 2005. - 232 с.
2. **Иванов Н.И.** Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. М.: Университетская книга, Логос, 2008. - 424 с.

*Э.Н. Муллагалеева студ.; рук. Р.Я. Дыганова, д.б.н., проф.;
Р.Е. Липантьев, к.т.н., ст. препод. (КГЭУ, Казань)*

О.А. Локтионов, асп.; А.И. Макеев, студ. (НИУ «МЭИ»)

УЯЗВИМОСТЬ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Необходимость учета климатических нагрузок напрямую связана с поддержанием и развитием инфраструктуры электроэнергетики и обеспечением энергетической безопасности, а уязвимость электроэнергетического комплекса к проявлениям климата в свою очередь обусловлена значительным количеством инфраструктуры, подверженной влиянию метеорологических факторов [1].

Для определения перечня факторов, как напрямую, так и косвенно связанных с проявлениями климата и влияющих на работоспособность линий электропередач в работе был проведен ретроспективный анализ причин аварийных отключений на объектах электроэнергетики Западных сетей ПАО «МОЭСК». В результате анализа было установлено, что за последнее пятилетие наблюдается рост количества случаев, связанных с климатическими факторами. Диаграмма с расширенными причинами климатического характера представлена на рисунке 1.

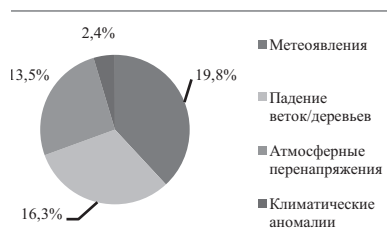


Рисунок 1. Диаграмма причин отключений климатического характера

Сила и частота возникновения неблагоприятных и опасных метеорологических явлений оказывает непосредственное влияние на устойчивость, надежность и бесперебойность системы электроснабжения. Следовательно, климатические факторы способствуют возникновению более 50% всех нарушений и сбоев в

энергоснабжении потребителей.

При проведении корреляционного анализа между климатическими факторами и причинами аварий в филиалах Западных сетей ПАО «МОЭСК» было выявлено, что наибольшей связью с причинами технологических нарушений обладают такие метеорологические факторы, как: ветер, осадки и косвенное воздействие этих параметров, приводящие к схлестам, обрывам проводов и падениям веток (деревьев).

Литература

1. О.Е. Кондратьева, О.А. Локтионов, Е.Г. Гашо, Е.М. Мясникова Вопросы влияния климатических факторов на воздушные линии электропередач Электроэнергия: передачи и распределение, № 6(51), 2018. - с.128-131

О.А. Локтионов, асп.; В.А. Старцев, студ. (НИУ «МЭИ»)
**ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТ
 ВЫБРОСОВ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ
 ОТХОДОВ**

Методология оценки риска для здоровья населения в соответствии с Руководством [1] включает в себя этап идентификации опасности загрязнения атмосферного воздуха, оценку зависимости «доза-эффект», оценку экспозиции и характеристику риска.

Для оценки риска влияния выбросов полигона твердых коммунальных отходов (далее ТКО), расположенного на территории Московской области, на здоровье населения было проведено ранжирование выбрасываемых загрязняющих веществ (далее ЗВ) по величине индекса сравнительной неканцерогенной опасности, валового выброса, а также по ПДК, результаты которого представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Ранжирование приоритетных ЗВ в выбросах полигона ТКО

	Азота диоксид	Аммиак	Сера диоксид	Сероводород	Метан	Ксилол	Формальдегид
Обоснование*	П, В, С	С	П, В, С	С	П, В	П, В	К, С
Ранг	6	2	7	5	3	4	1

*Примечания: П – приоритет по рангу НРИ; В – приоритет по валовому выбросу;

С – включены в «Короткий список» приоритетных веществ для РФ (письмо Минздрава России от 07.08.1997 г. № 11/109-111); К – канцероген;

На основании сведений об опасности развития неканцерогенных эффектов приоритетные ЗВ были сгруппированы по их воздействию на критические органы (системы), и представлены в таблице 2.

Таблица 2– Критические органы (системы), поражаемые ЗВ

	органы дыхания	кровь	ЦНС	ССС	развитие	иммунная система	рак
Кол-во веществ	6	2	3	3	2	1	1

Анализ территориального распределения индексов опасности для различных органов позволил выявить наиболее уязвимые: органы дыхания, кровь и развитие, индексы опасности для которых на границе санитарно-защитной зоны полигона ТКО имеют наибольшее значение, но при этом не превышают допустимого уровня, равного 1.

Литература

- 1. Р 2.1.10.1920-04** Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду

О.А. Локтионов, асп.; М.В. Кравченко, асп. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА ИНДИКАТОРА ОЦЕНКИ РИСКА УЩЕРБА ЗДОРОВЬЮ РАБОТНИКОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Основные мероприятия, направленные на обеспечение безопасности труда работников относятся: проведение специальной оценки условий труда, организация работ по предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний (проведение медицинских осмотров, расследование несчастных случаев и т.д.), организация проведения инструктажей, обучения требованиям и нормам производственных инструкций и других локальных нормативных документов.

Комплексное влияние совокупности параметров, формирующих безопасность труда на предприятии, определяет актуальность установления путей снижения профессионального риска работников. Для разработки перечня мероприятий, направленных на сохранение здоровья работников энергетической отрасли, прежде всего специалистам на предприятиях необходимо проведение адекватной оценки риска ущерба здоровью работающих.

Для оценки риска ущерба здоровью работника в зависимости от степени влияния указанных факторов в работе предложена следующая формула (1):

$$R_i = \sum_{j=1}^n 10^{\ln\left(\frac{x_j}{x_{\max}} w_j\right)^2} K_{\text{п}} K_{\text{пз}} \quad (1)$$

где R_i – показатель риска ущерба здоровью i -го работника; X_j – количественная оценка j -го анализируемого фактора для i -го работника; X_{\max} – максимальная оценка j -го фактора; w_j – количественное значение весового коэффициента для j -го фактора; n – количество рассматриваемых факторов; $K_{\text{п}}$ – коэффициент травмопотерь; $K_{\text{пз}}$ – коэффициент оценки профессиональных заболеваний.

Применение данной зависимости обусловлено необходимостью трансформации бальной оценки факторов к количественно-вероятностной оценке и приведению полученных значений уровня риска к утвержденным в Руководстве по оценке риска критериям приемлемости риска [1].

Использование данной зависимости в рамках оценки риска ущерба здоровью работающих позволит классифицировать рабочие места на различные группы по степени приемлемости риска.

Литература

1. **Р 2.1.10.1920-04** Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду

**Н.В. Васильева студ.; рук. О.Е. Кондратьева д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
АНАЛИЗ СТРЕСС-ФАКТОРОВ И ПРИЧИН ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТРЕССА**

Особенностью возникновения стресса рабочего пространства является сочетание неблагоприятных факторов профессиональной и организационной нагрузки.

В работе предлагается выделить 2 группы стресс-факторов: стресс профессиональный и стресс организационный. В соответствии с перечисленными факторами [1], к первой группе можно отнести личностные, ролевые и коммуникативные, а ко второй — организационные.

Согласно аспектам стандартов менеджмента [2], безопасности труда и охраны здоровья [3], предлагается проанализировать и выделить ключевые причины происхождения стресс-факторов в зависимости от области их возникновения. Фрагмент классификации представлен в таблице 1.

Таблица 1. Области возникновения стресс-факторов

Стресс группа	Факторы	Область	Ключевые проблемы
Профессиональный	Личностные	Ценности	Пренебрежение своими внутренними ценностями или ценностями других работников
	Ролевые	Карьерный рост	Карьерный регресс; отсутствие перспектив карьерного роста; предвзятое отношение; низкая оплата труда; незаинтересованность в работе сотрудника
	Коммуникативные	Взаимодействие работников	Особенности донесения информации; агрессия; речевые обороты; разговоры, не относящиеся к рабочему процессу
Организационный	Организационные	Рабочий график	Работа посменно; работы в вечернее или ночное время; многочасовая работа; ненормированный рабочий день; работа в выходные

Предложенная классификация упростит и облегчит работодателю задачу по выявлению стресс-факторов и будет способствовать быстрому принятию управленческих решений по снижению профессионального стресса.

Литература:

1. **Котова Е.В.** Профилактика синдрома эмоционального выгорания: учебное пособие – Электрон. дан. / – Красноярск, 2013
2. **ГОСТ Р 55914-2013 Менеджмент риска.** Руководство по менеджменту психосоциального риска на рабочем месте
3. **Р 2.2.2006-05.** Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

Г. В. Андросов, студ.; рук. Е. В. Федорова, к.м.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ОСМОТРОВ РАБОТНИКОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ УЧРЕЖДЕНИИ

Одной из основных задач в области охраны труда является организация и проведение медицинских (предварительных и периодических) осмотров работников. Приказом Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 № 302н установлен перечень вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные медицинские осмотры работников, а также порядок их проведения. В то же время Федеральный закон «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 № 323-ФЗ наряду с Трудовым кодексом Российской Федерации (далее – ТК РФ) определяют обязанности работника к прохождению, а работодателя – к проведению обязательного медицинского осмотра.

В соответствии с порядком проведения периодических медицинских осмотров врачом-профпатологом медицинской организации составляется заключительный акт по результатам проведения периодического медицинского осмотра. В заключительном акте, помимо сведений о численности работников, прошедших и не прошедших в установленном порядке медицинское обследование, указываются данные о численности работников, имеющих временные и постоянные медицинские противопоказания к работе. [1]

В 2017 году периодический медицинский осмотр в НИУ «МЭИ» прошли 3100 человек. При анализе заключительного акта за 2016г. -2017 г. было установлено, что 3 работника имеют постоянные противопоказания к работе. Работодатель не имеет никаких юридических оснований увольнять работника с постоянными противопоказаниями к тому или иному виду деятельности. Поэтому работникам было предложено перевестись на другую должность. Таким образом, проведение медицинских осмотров оказывает влияние не только на здоровье работников, но и служит отличным средством для предотвращения производственного травматизма.

Литература

1. Приказ Минздравсоцразвития России от 12 апреля 2011 г. № 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда» // с изм. и допол. в ред. от 05.12.2014 г.

*М.С. Ануфриков, студент; рук. А.Л. Суздалева, д.б.н.,
проф.(НИУ«МЭИ»)*

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕННОГО ПОДЪЕМА ГЛУБИННЫХ ВОД НА КЛИМАТ

На современном этапе все большую значимость приобретают глобальные климатические изменения, масштабы и последствия которых постоянно возрастают. Многие виды человеческой деятельности сопровождаются нарушением стратификации морей и крупномасштабными подъемами глубинных вод. Они возникают либо в результате целенаправленной деятельности человека (работа ОТЭС и охлаждение АЭС, разведение аквакультуры), либо как побочный эффект деятельности (прокладка коммуникаций и другое) [1].

Последствия нарушения стратификации морей имеют различные масштабы. Сравнение расчетов, сделанных по двум моделям нарушения стратификации – миктического и хорического, позволяет на основе экспериментальных данных оценить последствия, приводящие к изменению биогеохимического цикла углерода. При нарушении стратификации миктического типа критический объем глубинных вод, способный при подъеме к поверхности привести к катастрофическим последствиям, составляет десятки тысяч кубических километров, хорического типа – десятки кубических километров [2].

При неконтролируемых подъемах глубинных вод происходят негативные изменения в окружающей среде: снижение биоразнообразия и рыбопродуктивности; нежелательные изменения гидрометеорологических условий. Необходимо разрабатывать технические решения, позволяющие контролировать или ограничивать развитие этих процессов, уменьшать их негативное воздействие на жизнедеятельность населения и природные экосистемы. Для этого предложен алгоритм действий, позволяющий снижать содержание углекислого газа в атмосфере. На основании которого рассчитан сток углекислого газа при утилизации $50 \text{ м}^3/\text{с}$ глубинных вод. Он составляет 4,67-7,00 т/г, что соответствует 4,4-13,1 тыс. $\text{м}^3/\text{г}$ CO_2 . Таким образом, контролируемый подъем глубинных вод может быть использован в качестве инструмента борьбы с развитием парникового эффекта.

Литература

1. Коткин К.С., Суздалева А.Л. Влияние системы технического водоснабжения на формирование ихтиофауны водоемов-охладителей // Естественные и технические науки. 2012. №4. С.112-114.

2. Федоров М.П., Суздалева А.Л. Гидротехническое строительство как основа устойчивого развития. Гидротехническое строительство. 2014. №11. С.27-30.

С.А.Горин, студ.; рук. А.Л. Суздалева, д.б.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**СОЗДАНИЕ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ
ТРАНСПОРТНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОДНЫХ СИСТЕМ**

Всвязи с растущей неравномерностью распределения водных ресурсов в различных регионах России и мирапроблема создания транспортно-энергетических водных систем(ТЭВС)становится актуальной.ТЭВС предполагает постепенное соединение каналами разобщенных водных объектов. Кроме дешевизны и безопасности перевозок по внутренним водным путям, по ТЭВС происходит перераспределения речного стока, что особенно важно в условиях надвигающегося водногокризиса. Подобная деятельность интенсивно осуществляется как в Западной Европе, так и в Китае (проект «водного великого шелкового пути»).

Создание ТЭВС в России имеет давнюю историю. Первой такой системойсчитается строительство Петром 1 Ладожского канала (1719-1730 гг.) для улучшения условий судоходства по Вышневолоцкому водному пути.В СССР также неоднократно разрабатывались различные проекты по улучшению водных путей и созданию ТЭВС. К сожалению, в настоящее время многие из них находятся в заброшенном состоянии и разрушаются (Ворончихинская ГЭС, Петровская ГЭС, Заполицкая ГЭС) [1]. Для создания ТЭВС России наряду с прокладкой новых воднотранспортных маршрутов возможно использование уже имеющиеся инфраструктуры водных путей, а также восстановление и реконструкция пришедших в негодность объектов водной энергетики СССР.

Успешныепроектирование и эксплуатация ТЭВС возможны только в качестве управляемых природно-технических систем. Это предполагает:

1. Применение метода восходящего проектирования (bottom-up approach), т.е. в создание объектов, изначально предназначенных для последующего объединения в единую систему.
2. Оценка объема вод (мобильных водных ресурсов),который может быть изъят из бассейнов-доноров без нарушения их устойчивого развития.
3. Создание водохранилищ-накопителей мобильных водных ресурсов для обеспечения устойчивого водоснабжения, защиты территории от наводнений и самоочищения вод.
4. ВключениеТЭВС в более крупные системы водноресурсной логистики формирующегося международного рынка водных ресурсов [2].

Литература

1. **Беляков А.А.** Транспортно-энергетический комплекс России. [Электронный ресурс]. URL:<http://www.proektnoegosudarstvo.ru/news/0898/> (дата обращения 01.12.2018).2

2. **Суздалева А.Л.** Водноресурсная логистика: международные аспекты // Мировая экономика и международные отношения. 2017. Т.61. №11. С.5-12.

Д.А. Захаров, студент; рук. Н.В. Озерова, к.т.н., доцент (НИУ МЭИ)

ЭКОЛОГО – ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УТИЛИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Во всем мире заметно повысился интерес к повторному использованию бетона в строительном производстве и вторичный заполнитель из бетонолома получил более широкое применение.

При этом обеспечивается экономия топливно-энергетических и природных ресурсов при приготовлении бетонов на предприятиях стройиндустрии. В этом случае бетон на основе крупного вторичного заполнителя имеет себестоимость на 25 % ниже, чем бетон на природном щебне.

По данным министерства экологии и природопользования Московской области мусорные полигоны Подмоскovie не смогут разместить на своей территории до 15 млн. тонн строительных отходов в год, которые будут образованы в результате реализации программы реновации в Москве [1].

В работе были проанализированы технологии переработки и применение вторичных железобетонных отходов. Вторичный щебень можно использовать при устройстве подстилающего слоя дорог, фундаментов, автостоянок, прогулочных аллей, откосов вдоль рек и каналов, заводском производстве бетонных и железобетонных изделий прочностью до 30 МПа.

В качестве перерабатывающего оборудования, принимается мобильная дробильная установка, которую можно применять непосредственно на месте образования строительных отходов. Там, где проводится снос сооружений, всегда предполагается новое строительство, при котором будет необходим щебень. Рециклинг строительных отходов сразу на местной стройке дает возможность экономить, в том числе и на покупке строительных материалов и сокращает транспортные расходы. При переработке строительных отходов на мобильной дробильной установке мы получаем низкую стоимость утилизации отходов по сравнению с захоронением на полигонах, возможностью переработки отходов на месте их образования и дешевый щебень.

В ходе работы был произведен расчет эколого-экономической эффективности применения мобильной установки [2].

Литература

1. **Тен В.** Снести подчистую // Строительная газета от 16.02.2018. № 6.
2. **Озерова Н.В., Кондратьева О.Е.** Управление отходами учебное пособие-М.: Издательство МЭИ, 2017. – 118с.

*А.Н. Хуснутдинов, соиск.; рук. Л.А. Николаева, д.т.н., доц.
(КГЭУ, Казань)*

ОЧИСТКА ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ СЕРОВОДОРОДА КАРБОНАТНЫМ ШЛАМОМ

На предприятиях химического и нефтехимического комплексов образуется значительное количество вредных газовых выбросов (ГВ), загрязняющих атмосферный воздух. В настоящее время активно проводится разработка методов снижения экологической нагрузки на окружающую среду с помощью вторичного использования отходов производства. Таким отходом производства является шлам осветлителей тепловых электрических станций[1]. Использование его может быть одним из приоритетных направлений, поскольку ежегодно происходит увеличение объемов шлама. Согласно проекта ФЗ «О вторичных материальных ресурсах» организация упорядоченного обращения отходов производства и потребления – т.е. их сбора, удаления, обезвреживания, переработки, использования, уничтожения и т.п. – превратилась в последние годы в одну из наиболее острых экологических проблем России. При этом решается комплексная задача: очистка газовых выбросов, ресурсосбережение, утилизация, переработка и вторичное использование отхода.

В технологиях очистки газовых выбросов промышленных предприятий применяют адсорберы с зернистой загрузкой. Поэтому для уменьшения гидравлического сопротивления в слое, через который пропускаются газовые выбросы, адсорбенты изготавливают в виде гранул.

Гранулированный сорбционный материал, изготовленный на основе шлама осветлителей тепловых электрических станций, предлагается использовать в качестве сорбента при очистке газовых выбросов от сероводорода на ОАО «Казанский завод синтетического каучука».

В докладе представлены основные результаты модельного эксперимента по адсорбционной очистке газовых выбросов линии производства тиокола Казанского завода синтетического каучука. Параметры взяты из технологического регламента процесса. Рассчитаны оптимальные характеристики адсорбера. Представлена схема изготовления гранулированного сорбционного материала и модернизированная схема очистки газовых выбросов производства тиокола от сероводорода.

Литература

1. Хуснутдинов А.Н. Очистка газовых выбросов предприятий химической промышленности карбонатным шламом / А.Н. Хуснутдинов, Л.А. Николаева // «Экология и промышленность России». 2018. 22(8). С.14-18.

Направление

ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ

Научный руководитель направления —
директор ИНЭИ к.т.н., доцент А.Ю. Невский

Секция 29
ЭКОНОМИКА В ЭНЕРГЕТИКЕ
И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Руководитель секции: Курдюкова Галина Николаевна
Секретарь секции: Амелина Анна Юрьевна

Е. В. Бабич, студ.; рук. Д. Г. Шувалова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЫНОЧНОЙ ВЛАСТИ НА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ

В рамках конкурентной борьбы на рынке важно представлять показатели объективно отражающие преимущества технологии, каждая из составляющих модели оценки конкурентоспособности (КСП) должна быть объективно измерима. Актуальность темы состоит в том, что предмет исследования еще не нашел глубокого концептуального анализа в науке, хотя имеет важное теоретическое и практическое значение для совершенствования технологии в условиях сдерживания темпов роста цен на рынке электросетевого оборудования влияния рыночной власти, рыночной силы, конкуренции институциональных рамок на рыночный механизм.

КСП – это комплексный показатель оценки конкурентных преимуществ компании, технологии или товара. Анализ отраслевой структуры рынка предполагает исследования показателей, характеризующих её развитие, и одним из факторов, определяющих состояние отраслевого рынка, является рыночная власть.[1]

Предложенная системная модель учитывает факторы КСП технологии компенсации реактивной мощности и показатель рыночной власти компании – производителя. Рыночная власть измеряется на основе объективной информации, содержащейся в финансовой отчетности компании и информации о состоянии рынка. Рыночная сила фирмы определяется относительной прибыльностью компании, что ставит вопрос её проявления близким к пониманию направлений расходования прибыли.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что при построении моделей рыночного взаимодействия можно использовать экономический инструментарий оценки рыночной власти и КСП с учетом условий ограничения прав собственности, сформировавшихся в институциональной среде.

Литература

1. Новиков Владимир Александрович. Рыночная власть фирмы: природа и формы проявления: природа и формы проявления: Дис. ... канд. экон. наук: 08.00.01 Москва, 2005 179 с. РГБ ОД, 61:06-8/1741

М.В. Еремينا студ., А.Ю. Амелина, доцент, к.э.н., (НИУ «МЭИ»)
**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ РЫНОЧНОЙ
 КОНЦЕНТРАЦИИ НА ФИНАНСОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
 ПРЕДПРИЯТИЯ**

Рыночная концентрация – это степень преобладания одного или нескольких независимых хозяйствующих субъектов в системе реализации взаимозаменяемых товаров на одном отраслевом рынке. Несмотря на наличие научных исследований, посвященных проблемам, связанных с данным понятием, вопрос оценки влияния рыночной концентрации на финансовые показатели предприятия в настоящее время недостаточно изучен[1].

В диагностике конкурентоспособности рынков важнейшую роль играет анализ уровня концентрации, темпов, форм и методов развития процесса концентрации. В данном исследовании разработана методика, следование которой позволяет оценить степень влияния уровня концентрации на такие финансовые показатели компании как: выручка, чистая прибыль, прибыль от продаж, коэффициент финансовой устойчивости, коэффициент текущей ликвидности, рентабельность продаж.

Для выявления взаимосвязи между переменными был произведен расчет уровня концентрации на примере ряда компаний ОЭС Юга за период с 2008 г. по 2016 г. В таблице 1 представлены исходные данные и результаты корреляционного анализа уровня концентрации (НН) и выручки на примере ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго».

Таблица 1 Взаимосвязь между уровнем концентрации и выручкой ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго»

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
НН	0,29	0,16	0,18	0,21	0,22	0,20	0,21	0,21	0,22
Выр.	3664	8342	8955	8832	9261	9632	10083	9834	9087
r	-0,71 –высокая отрицательная связь между переменными								

Можно сделать следующий вывод: уровень концентрации рынка, на котором работает предприятие, влияет на доходность его бизнеса, а изменение уровня концентрации в большей или меньшей степени влияет на ряд ключевых финансовых показателей и отражается на общем финансовом состоянии фирмы. Результаты оценки влияния уровня концентрации на финансовые показатели предприятия в дальнейшем можно использовать для построения прогнозной модели финансовых показателей, необходимой для принятия управленческих решений.

Литература

1. Пищулин В.И. Оценка влияния риска на управленческую деятельность промышленных предприятий в рыночных условиях: Дис. канд. экон. наук : 08.00.05 : Москва, 2004 170 с. РГБ ОД, 61:05-8/525

М. Ш. Иксанова, студ.; рук. Л.В. Бухарева, доц. (НИУ МЭИ)
ДОХОДЫ ПРЕДПРИЯТИЯ И ПУТИ ИХ УВЕЛИЧЕНИЯ

Внедрение программы лояльности является одним из способов увеличения доходов предприятия. В настоящее время у всех крупных компаний есть кобрендинговый продукт, который позволяет не только увеличить доход от реализации, но и увеличить количество клиентов и их лояльность данной компании.

Наибольшей популярностью пользуются кобрендинговые карты с авиакомпаниями, автозаправками, сетевыми магазинами и известными брендами, а также операторами сотовой связи. А с развитием современных управленческих технологий и клиент-ориентированного подхода в маркетинге, кобрендинговые программы в России будут внедряться еще более активно.

Как отмечают в своей статье Железнякова М.С., Анипченко А.А. кобренд не всегда бывает удачным. Существует большое количество примеров неудачно подобранных брендов или несоответствия целевых аудиторий[1].

Нами разработан и предлагается к внедрению вариант кобрендинговой карты аэропорта Домодедово и крупного банка, сотрудничающего с ним. Данный продукт будет взаимовыгодным. Для ООО ДПТ это позволит увеличить выручку за счет увеличения частоты перелетов через аэропорт Домодедово, а также прирост количества пассажиров, воспользовавшихся VIP и Бизнес-залами. Банк в результате кобрэнда помимо увеличения объема средств по карте в расчете на одного клиента получит также комиссионные доходы. Доходы компании помимо прироста выручки от увеличения притока пассажиров и их средних трат на территории аэропорта, но и непосредственно от банка. Банк выкупает DMEuro у предприятия в расчете 1 рубль = 1 DMEuro. А также отчисляет определенный процент от оборота по этим картам.

В результате внедрения данного кобрендингового продукта выручка предприятия от приоритетного обслуживания пассажиров увеличится на 5,5%, а выручка предприятия в целом увеличится на 0,6 %. При этом также увеличится количество розничных клиентов Бизнес-залов на 52,8%[2]. Это говорит об экономической эффективности данной карты для предприятия.

Литература

1. Железнякова М.С., Анипченко А.А. Кобрендинг как инструмент формирования репутационного капитала компании и повышения уровня лояльности клиентов // Экономика и управление: проблемы и решения – 2016 - №11 – С. 102 – 106.

2. Локальные акты Московского аэропорта Домодедово

**Ю.Э. Корчевая, студ.; рук. Д.А. Фрей, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО
УПРАВЛЕНИЮ ПРОЕКТОМ НА ОСНОВЕ МЕТОДА
ОСВОЕННОГО ОБЪЁМА**

В настоящее время большое количество проектов завершается с нарушением бюджета и плановых сроков, либо закрываются по причине бесперспективности их продолжения. По статистическим показателям только 25% проектов в РФ заканчиваются успешно. Даже учитывая наличие резерва средств на непредвиденные работы и затраты, равного 2% от общей стоимости работ (по МДС 81-35.2004), большая часть проектов значительно превышает данный показатель. Вышеуказанные сведения свидетельствуют о несовершенстве и в определённой мере устарелости методов контроля проекта в ходе их реализации.

В ходе исследования был разработан алгоритм контроля сроков инвестиционного проекта, основанный на методе управления освоённым объёмом и концепции «EarnedSchedule», а также определена возможность использования «EarnedSchedule» для проектов с различной стоимостью критических работ. По данному алгоритму произведён расчёт показателей, которые наглядно демонстрируют ситуацию проекта на момент наступления Ключевой Вехи. (Таблица 1).

Таблица 1. Результаты расчёта показателей по проекту

Обозначение	Название	Полученное значение	Вывод
Ключевая веха проекта – апрель 2018г.			
ИВСТ	Индекс выполнениястоимости	0,99	Значение меньше 1 – превышаем бюджет
ИВСП	Индекс отклонения по срокам	0,6	Значение меньше 1 – отстаем от базового графика

Расчитаны показатели отклонений в денежных и временных единицах, на основании результатов которых получены сведения о текущем и будущем состоянии проекта, что даёт возможность руководству своевременно принять необходимые меры для устранения недостатков в ведении проекта, препятствующих успешному его завершению.

Для удобства расчёта показателей использовано программное обеспечение по управлению проектами –MicrosoftProject (MPS) и ProjectProfiler 4.

П.А. Зайцева, студ.; рук. А. В. Носов, ст.пр. (НИУ «МЭИ»)
**ПРАКТИКА ПЛАНИРОВАНИЯ ДЕНЕЖНЫХ ПОТОКОВ В
СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
КОМПАНИЙ**

Прогнозирование денежного потока необходимо для разработки варианта финансовой политики компании. При этом в практике современного управления денежными потоками компаний выделяют несколько способов усиления точности денежного прогноза, предполагающие постоянное сопоставление прогнозных показателей с фактически достигнутыми результатами и коррекцию системы финансового прогнозирования [1].

Прогноз денежных поступлений от продаж обладает крайне низкой точностью. Решение этой проблемы не только требует постоянной обратной связи с отделом маркетинга и отделом продаж, но и разработки динамической модели прогнозирования потенциальной величины объема реализации в натуральном и денежном выражении [2]. Так в рамках проводимого исследования может быть предложена следующая модель прогноза:

$$Q_p = Q_0 * (A/A_0) * (p/p_0), \quad (1)$$

где Q_p – потенциальный уровень объема реализации в натуральном выражении; Q_0 – объем реализации в натуральном выражении, уже достигнутый компанией в предплановый период; A – планируемые затраты на продвижение продукции в прогнозном периоде в денежном выражении; A_0 – затраты на продвижение продукции в предплановом периоде в денежном выражении; p – планируемый уровень цены реализации в плановом периоде в денежном выражении; p_0 – уровень цены реализации в предплановом периоде в денежном выражении.

Другая проблемная зона связана с кредиторской задолженностью, где фактические денежные расходы обычно превышают прогнозный уровень. Эту проблему можно решить путем внедрения системы прямого учета бухгалтерией, которая предполагает ввод счетов в систему учета до направления их на одобрение финансовой службой.

В рамках проводимого исследования было предложено ввести систему мониторинга рамочных закупочных ордеров с целью выявления отсутствующих счетов, которые предположительно должны находиться в процессе оплаты, тем самым ликвидируя разрыв в денежных средствах.

Литература

1. **Стивен Брег:** Настольная книга финансового директора. – М.: Альпина Паблишер, 2016.
2. **Ричард Брейли, Стюарт Майерс.:** Принципы корпоративных финансов – М.: Олимп Бизнес, 2016.

А.Ю. Семенова студ.рук. Н.Л. Кетова к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ОЦЕНКА ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЫНКА
ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ**

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что правильно выбранный рынок сбыта, позволяет выбрать перспективные направления для достижения плановых показателей выручки предприятия.

Целью работы стала оценка привлекательности рынка электромонтажных работ.

Число действующих предприятий на рынке электромонтажных работ в Москве достаточно высоко. Фактор конкурентоспособности способствует улучшению качества предоставляемых услуг, отсутствию неоправданного роста цен, движению научно-технического прогресса.

Благоприятные условия для развития деятельности компании в большей степени создают такие компоненты как рост доходов населения и приверженность потребителей к бренду АО «Мосэнергосбыт».

Сильное негативное влияние может оказать рост пошлин на ввозимое сырье и импортируемые изделия. Такие изменения пагубно скажутся на прибыли компании, т.к. повысятся издержки на покупку сырья, что увеличит себестоимость продукции, цену на продукцию, а значит, есть вероятность, что спрос на нее упадет.[1]

Ёмкость рынка определена по формуле (1):

$$V = A * N \quad (1)$$

где V - размер рынка, A - численность целевой аудитории (тыс. чел)(средняя численность занятого населения по Москве 7 184,20 тыс. человек. [2]); N - норма потребления продукции за период (среднее количество оказанных услуг Филиалом МТЦ физическим лицам в месяц в 2017 году составляет 20 076 шт.).

$V = 7\,184,20 * 20\,076 = 144\,229\,99,2$ – количество товаров, которое потребитель может приобрести в месяц.

Изменение рыночной ситуации зачастую вызывают необходимость корректировки корпоративной и маркетинговой стратегий. Стратегии компаний, не имеющих представления о рыночной ситуации и перспективах развития своих рынков, могут оказаться в будущем неэффективными, поскольку изменившиеся потребности покупателей откроют новые возможности их удовлетворения конкурентам.

Литература

1. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. Москва «Радио и связь» - 1991 г. 149 - 151 с.
2. Ситуация на рынке труда г. Москвы: сайт Департамента труда и социальной защиты населения города Москвы [Электронный ресурс] <http://www.dszn.ru/upload> (Дата обращения 29.11.2018)

Ю.А. Гринчук, студ.; Е.Ю. Абрамова., доц., к.э.н. (НИУ «МЭИ»)
**ОЦЕНКА ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ НА
ОТРАСЛЕВОМ РЫНКЕ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ КПЭ
ПРЕДПРИЯТИЯ**

В условиях ограниченности собственных ресурсов предприятия нуждаются в денежных поступлениях от инвесторов, которые будут служить необходимым дополнением к их собственным средствам. В связи с тем, что инвестиции – это ограниченный ресурс, то инвесторы должны детально оценивать не только объект инвестирования, но и инвестиционный климат и привлекательность региона. Инвестиционную привлекательность можно представить, как совокупность свойств объекта инвестирования, позволяющая инвестору в результате осуществления инвестиций в данный объект с наибольшей вероятностью и полной достичь своей цели. [1] На инвестиционную привлекательность предприятия оказывают большое влияние отраслевой рынок, на котором оно действует, но в существующих методиках это практически учитывается.

Для более точного анализа инвестиционной привлекательности разработана система ключевых показателей эффективности инвестиционной привлекательности предприятия, которая будет учитывать влияние на решение инвестора не только производственных и финансовых показателей, но и отраслевую специфику и инвестиционную привлекательность региона. Она применима для предприятий золотодобывающей отрасли Дальневосточного федерального округа.

Данная система включает в себя 3 блока:

1. Производственные показатели (производительность труда; производительность добывающих рудников; объем добычи на обрабатываемых территориях и объем реализации).
2. Финансовые показатели (уровень цены на золото; рентабельность продаж, активов, собственного и заемного капитала; текущая и абсолютная ликвидность; стоимость акций предприятия).
3. Отраслевые показатели (ВРП региона; удельный вес отрасли в промышленном производстве; индекс концентрации; уровень рыночной власти).

Данная система показателей позволит дать более точную оценку инвестиционной привлекательности предприятия, действующего на отраслевом рынке.

Литература

1. **Смирнова Е.В., Жуков М.Ю.** Методика оценки инвестиционной привлекательности региона // Вестник СГАУ. – 2013. - №2. – С. 146-150.

А.О. Сухенко, студ.; рук. Е. Ю. Абрамова, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)
**ПРИМЕНЕНИЕ РЕВЕРСИВНОГО ФАКТОРИНГА, КАК
МЕХАНИЗМА ФИНАНСИРОВАНИЯ ПОСТАВЩИКОВ
ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ КОМПАНИИ**

Основной составляющей цены на электроэнергию на оптовом рынке электроэнергии и мощности для категории «промышленные предприятия» является генерирующая (мощность и электроэнергия) и сетевая части.

Покупатель мощности самостоятельно решает, каким образом обеспечить обязательства по покупке — посредством заключения контрактов с генерирующими компаниями или путем закупки необходимого объема на рынке мощности по конкурентной цене. Однако ОРЭМ под конкурентоспособным продуктом продает потребителям мощность, поставляемую в «вынужденном режиме». Согласно проведенному исследованию объем вынужденной генерации на конец 2016 г. в масштабах ЕЭС России составляет 61294 МВт (при установленной мощности в 238046 МВт). Данные мощности составляют электростанции с моральным и физическим износом, которые невозможно вывести из энергосистемы. Подобная ситуация на рынке существенно увеличивает цену электроэнергии для конечного потребителя, в данном явлении отражена актуальность описанной темы.

Для решения рассматриваемой проблемы и перехода электростанций, работающих в «вынужденном режиме», к конкурентоспособной борьбе за потребителей предлагается проведение комплекса работ, связанных с модернизацией турбинного, котельного оборудования и пр. в зависимости от нужд электростанции. В качестве источника финансирования данных мероприятий рекомендуется применению реверсивного факторинга [1]. Генерирующая компания выступает в качестве инициатора финансирования своих поставщиков оборудования и установок. Ключевой особенностью данного инструмента является возможность заказчиком проводить мероприятия по повышению энергоэффективности без первоначальных финансовых вложений и оплачивать модернизацию в процессе использования оборудования с полученной выручки по истечению установленной отсрочки финансовым агентом.

Путем применения данного источника финансирования генерирующая компания сможет ввести в эксплуатацию современное оборудование, привлечь новых потребителей и стабильно получать дополнительную прибыль за счет расчетной экономии энергоресурса.

Литература

1. **А. О. Лефель** Факторинг как инструмент финансирования оборотных средств предприятий/ Учебное пособие/ А.О. Лефель; - Москва, 2015.

Н.А. Локишина студ.; рук.: В.В. Бологова, к.т.н, доц. (НИУ «МЭИ»)
**МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
 ЭФФЕКТИВНОСТИ АСУ ТП**

Расчет технико-экономических показателей эффективности создания и модернизации автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) на нижнем уровне автоматизации считается не целесообразным, так как возникают затраты, у которых большой срок окупаемости[3].

Однако, в [3] доказано, что при расчете эффективности АСУ ТП на верхних уровнях автоматизации срок окупаемости меньше и данные для расчета определить легче. Расчет экономической эффективности АСУ ТП на нижнем уровне автоматизации сложен из-за отсутствия данных. Новая методология может частично упростить расчет.

Но АСУ ТП на базе программно-технологического комплекса (ПТК) позволяет оптимизировать процессы, уменьшить время на обработку и поиск данных, уменьшает влияние человеческого фактора, уменьшает потери топлива и др.

Так же некоторые статистические данные для расчета сложно, а порой невозможно, определить. Анализ расчета технико-экономических показателей содержит ряд статистических данных, которые можно получить только опытным путем[1]. Новый метод предполагает для ряда показателей создать модель поведения технологического объекта смодернизированным АСУ ТП, и получить эти данные приближенно.

Все это позволяет предположить, что при расчете эффективности АСУ ТП не учитываются все факторы. По этому, следует пересмотреть некоторые формулы для оценки технико-экономических показателей и попытаться дополнить данные по АСУ ТП на базе ПТК.

Для оценки эффективность долгосрочных программ развития используются следующие критерии:

$$ЧДД = \sum_{t=0}^{T_p} (P_v(t) + I_{ам}(t) + K(t)) \cdot (1 + Ecp)^{-t}, \quad (1)$$

где t – текущий момент времени; T_p – расчетный период, год.; $K(t)$ – величина капиталовложений в t -ом году; $I_{ам}(t)$ – текущие затраты на амортизацию в t -ом году; $Pч(t)$ – чистая прибыль в t -ом году равная разности выручки от продажи производимого продукта (электроэнергии и тепла) и затрат в период эксплуатации; Ecp – норма дисконта; [3].

В расчете будет учтена особенность технологий и ее влияние на критерии эффективности. В частности изменение составляющих потока платежей на прибыль через изменение издержек.

Литература

- 1. Корецкий А.С., Ринкус Э.К.** Эффективность АСУ теплоэнергетическими процессами. М: Энергоатомиздат, 1984.
- 2. Аслаян А.Ш., Аракелян Э.К., Панько М.А.** К оценке технико-экономической эффективности разработки и внедрения АСУ ТП ТЭС, реализованных на базе программно-технических комплексов. Теплоэнергетика. 2009. №1. Стр.99-105.
- 3. Бологова В.В., Роголев Н.Д., Зубкова А.Г., под ред. Н.Д. Роголёва.** Экономика энергетики: учебник для вузов. 2011.

А.В. Кирьянова, студ.; рук. Е.М. Табачный, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОУ СПО НА
ОСНОВЕ МАРКЕТИНГОВОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ**

Совершенствование подхода к управлению деятельности образовательных организаций обусловлено необходимостью модернизации существующей системы образования. Внедрение маркетинговых технологий позволит повысить востребованность выпускника и привлечь новую целевую аудиторию. Подготовка кадров в образовательных учреждениях, не в полном объеме соответствует требованиям работодателя. Инновационные изменения в экономике и технологиях вызывают изменения и в требованиях работодателей к потенциальным сотрудникам.

Целью данной работы является разработка маркетингового подхода для создания и продвижения образовательных услуг на примере образовательных учреждений среднего профильного специального образования.

Проблема возможностей применения маркетинга в образовательных учреждениях, до сих пор плохо изучена [1]. Применение на практике инструментов маркетинга, в том числе, рекламы, многими учреждениями практически не используется, несмотря на их действенность в повышении эффективности деятельности образовательного учреждения. Эти инструменты могут дорабатываться и видоизменяться в соответствии с требованиями предприятий [3].

В работе предлагается методика внедрения маркетингового подхода к управлению, которая апробируется на примере общеобразовательного учреждения среднего профессионального обучения (СПО).

В работе рассмотрено развитие образования РФ, направления развития учебного заведения и проблемы развития СПО, место и роль маркетинговой деятельности в учебных заведениях среднего профессионального образования [2].

Актуальность работы, обусловлена тем, что в связи с изменениями в сфере среднего профессионального образования, требуются принципиально новые подходы к созданию и продвижению образовательных услуг.

Литература

- 1. Дементьева И.Ф.** Школа в условиях рынка. // Социологические исследования. - 1994. N 3. - С.92-94.
- 2. Днепров Э.** Будет ли в образовании социальная и экономическая политика. // Первое сентября. 1999. - N 16. - 2 сентября. - С. 1-2.
- 3. Ерошин В.И.** Взаимосвязь управления и экономики образования. // Педагогика. 1998. - N 8. - С.23-24.

Т.А. Бирюкова, студ.; рук. И.С. Андросина, к.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ КАПИТАЛА КОМПАНИИ
С УЧЕТОМ РИСКА ДЕФОЛТА**

Задача формирования оптимальной структуры капитала одновременно представляет собой ключевую и одну из самых сложных задач, решаемых в области корпоративных финансов. Цель любой организации в итоге заключается в одновременной минимизации фактической стоимости привлеченных средств и минимизации рисков банкротства. Данная тема актуальна, поскольку на практике издержки в случае банкротства могут быть довольно существенными для инвесторов компании. Кредиторы теряют в среднем до 40% от суммы долга; собственники, как правило, — весь инвестированный капитал[1].

Существующие подходы к расчету средневзвешенной стоимости капитала (WACC) не учитывают риски банкротства, что приводит к недооценке финансовых рисков, переоценке эффектов слияний и поглощений и чрезмерному стимулированию менеджмента компании к заимствованиям. Для справедливой оценки стоимости капитала компании необходим учет в WACC рисков дефолта — отдельно в стоимости собственного капитала и в стоимости долга. Данный тезис составляет основу научной новизны исследования, которая заключается в разработке и предложении к практическому использованию методики по оценке средневзвешенной стоимости и формированию оптимальной структуры капитала компании с учетом риска дефолта.

Требуемая доходность долга практически всегда существенно выше доходности безрисковых инструментов и изменяется в зависимости от риска дефолта компании[2]. Для учета риска дефолта в стоимости долга следует рассчитать спред дефолта в зависимости от кредитного рейтинга. Влияние риска дефолта на требуемую доходность собственного капитала необходимо выразить через показатель вероятности дефолта. При этом оптимальная структура капитала достигается при величине долга, равной максимально безопасному уровню.

Проведенные автором расчеты на примере ПАО «НК «Роснефть» показали, что оптимальная структура капитала достигается в минимальном значении WACC, равном 13,81%, при соотношении: 70% — заемный капитал и 30% — собственный капитал[3].

Литература

1. **Леонтьев В.Е.** Корпоративные финансы. — М.: Издательство Юрайт, 2016.
2. **Кокин А.С., Яшина Н.И., Яшин С.Н., Гинзбург М.Ю.** Корпоративные финансы. — М.: РИОР: ИНФРА-М, 2016.
3. Рассчитано автором по данным официального сайта ПАО «НК «Роснефть» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rosneft.ru/>.

Д.В. Ряховская, студ.; рук.: И.С. Андрюшина, проф., к.э.н. (НИУ «МЭИ»)
**ОЦЕНКА СПРАВЕДЛИВОЙ СТОИМОСТИ АКЦИЙ
 КОМПАНИИ**

Актуальность темы заключается в необходимости определения справедливой стоимости акций компании. Именно она позволит потенциальному инвестору спрогнозировать возможные пути роста рыночной цены, которая, согласно закону фундаментального анализа в долгосрочной перспективе, будет стремиться к величине справедливой стоимости [1].

Несмотря на детальную разработку проблемы зарубежными и отечественными авторами, однозначное толкование понятия и методики расчета справедливой стоимости акций отсутствует. Различные методики расчета дают различный результат. Кроме того, зачастую они излишне усложнены. Так, по расчетам автора с использованием данных официальных сайтов компаний был произведен расчет справедливой стоимости их акций[3]:

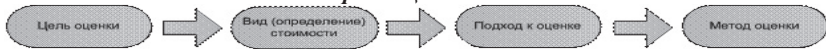
Таблица 1 – Расчет справедливой стоимости акций компании

Метод расчета	Значение показателя за 2017 г. в руб.		
	ПАО «ТАТНЕФТЬ»	ПАО «РОСНЕФТЬ»	ПАО «НОВАТЭК»
Мультипликативный	675,82	493,22	1100
Метод дисконтированных денежных потоков	573,16	375,32	935,51

Практика показывает, что для реальной оценки справедливой стоимости акций, необходимо разработать комплексную факторную модель на основе справедливой стоимости компании.

Расчет справедливой стоимости акций по интегральным параметрам деятельности предприятия предлагается выполнить по формуле: справедливая стоимость компании/количество акций в обращении. В рамках модели можно использовать следующий алгоритм определения справедливой стоимости компании:

Схема 1-Модель экспресс оценки стоимости компании



Предложенная модель позволит потенциальному инвестору (даже не имеющему специальной подготовки) комплексно оценить справедливую стоимость акции и учесть влияние на нее различных показателей путем анализа чувствительности по разным факторам.

Литература

1. Шарп У., Александер Г., Бейли Дж. Инвестиции. – М.: ИНФРА-М, 2016.
 2. Официальные сайты компаний/ режим доступа: <http://www.tatneft.ru.>,
[https://www.rosneft.ru/.](https://www.rosneft.ru/),[https://www.novatek.ru/.](https://www.novatek.ru/)

Е.В.Брысина, студ. ; рук.: О.Г. Коновалова ст. преп. (НИУ «МЭИ»)
**СОЗДАНИЕ LBS ПРИЛОЖЕНИЯ И ОЦЕНКА ЕГО
ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ**

Актуальность темы исследования заключается в снижении в течение последних лет уровня культуры населения. Целью работы является создание приложения, способного повысить уровень культуры и оценить его со стороны инвестиционной привлекательности. Автор предлагает идею создания приложения, позволяющего пользователям проходить созданные маршруты от разработчиков по городу в режиме реального времени (с помощью GPS) с посещением интересных мест, а результатом от прохождения для пользователя будет получение скидок на билеты в разные места (музеи, театры, концерты и т.д.).

В результате исследования были определены необходимые инвестиционные издержки в сумме 2660000 руб. и ежемесячные затраты в сумме 347500 руб. после публикации приложения.

Приложение относится к сложному, так как будет поддерживать синхронизацию в режиме реального времени, анимацию, работу с большими базами данных, а также работу со скачанными картами, исходя из этого был определен срок создания приложения - 10 мес.

Основная часть времени затрачена на:

1. Разработка дизайна (UI и UX дизайнеров)-3 месяца, входит: объяснение условий, разработка, доработка, согласование.
2. Разработка ПО – 5 месяцев, входит: разработка, тестирование, доработка, загрузка приложения;

По расчетам инвестиционный проект окупится через 2 года и 5 мес. Чистый дисконтированный доход будет составлять на 5 год 9821400,43 рублей. Используемая формула для расчета:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \frac{\Pi_t}{(1+D)^{t-1}}, \quad (1)$$

где Π^t – чистый поток денежных средств; T – горизонт расчета; D – ставка дисконтирования.

Был выбран способ монетизации от приложения - спонсорство, а также нативная реклама.

Помимо этого, был проведен опрос среди населения 14-50 лет в количестве 100 человек и выявлено, что 77,8% готовы проходить маршруты ради получения скидки, что в значительной степени может повлиять на уровень культуры населения в целом.

В результате данного анализа эффективности инвестиционного проекта можно сделать вывод о том, что создание приложения может положительно повлиять на уровень населения в целом, а также будет эффективным для инвестора.

**М.Н. Мосюкова, студ.; рук. И.С. Андрюшина, к.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
 КОНЦЕПЦИЯ EVA В РОССИЙСКИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И
 ПРОМЫШЛЕННЫХ КОРПОРАТИВНЫХ СТРУКТУРАХ**

Концепция экономической добавленной стоимости (EVA) получила широкое распространение среди американских производственных компаний в 90-е годы [1]. В настоящее время концепцию применяют и крупнейшие российские компании, составляющие отчетность по российским и международным стандартам.

Модель EVA можно представить в виде формулы:

$$EVA = (ROIC - WACC) * CI$$

где EVA – экономическая добавленная стоимость, ROIC – рентабельность инвестированного капитала, WACC – средневзвешенная стоимость капитала, CI – инвестированный капитал [2].

Как следует из формулы, концепция EVA охватывает основополагающие аспекты деятельности компании, поэтому ее можно назвать универсальным механизмом управления деятельностью предприятия.

Однако концепция EVA обладает рядом существенных недостатков: противоречивость (нет общепринятой модели ее использования), ограниченный спектр использования (концепция не учитывает страновые и отраслевые особенности компании), зависимость от балансовой оценки активов (расчет производится на основе данных бухгалтерского учета и финансовой бухгалтерской отчетности). Наличие этих недостатков и противоречий и обосновывает актуальность научно-исследовательской работы в этой сфере. В качестве примера практической значимости модели EVA автором выполнены расчеты экономической добавленной стоимости для ПАО «МОЭСК» за 2017 год. Результаты расчетов сведены в таблицу:

Показатель	Значение
ROIC, %	6,612
WACC, %	12,938
(CI), млн. руб.	257 412 080
EVA, млн. руб.	- 1 628 388 818,08

Можно сделать вывод о том, что компания не генерирует дополнительную стоимость в 2017 году, что также подтверждается отрицательным значением свободного денежного потока [3]. Это обусловлено наличием у ПАО "МОЭСК" существенных капитальных вложений, которые должны окупиться в будущем.

Литература

1. **Shawn Tully:** EVA: The Real Key to Creating Wealth // Fortune. – 1993. – №42.
2. **Брейли Р.:** Принципы корпоративных финансов. - М.: Олимп-Бизнес, 2016.
3. **Официальный сайт ПАО "МОЭСК":** [сайт]. URL: www.moesk.ru.

Д. С. Грекова, студ.; рук. И. С. Бабич, доц. (НИУ «МЭИ»)
**ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ
 СТРУКТУРЫ КАПИТАЛА КОРПОРАЦИИ**

Финансовая устойчивость и дальнейшее успешное развитие бизнес-деятельности компании во многом зависят от структуры капитала данной компании. Анализ использования методик по определению эффективной структуры капитала был проведен на примере Публичного акционерного общества «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» (ПАО «ФСК ЕЭС»).

Для определения стоимости источников капитала мировая финансовая наука разработала ряд показателей, наиболее востребованными из которых являются показатели CAPM (модель оценки капитальных активов) (таблица 1) и WACC (средневзвешенная стоимость капитала) (таблица 2). Сравнение данных показателей, с отраслевыми показателями, дает возможность, определить насколько эффективно компания управляет структурой капитала.

Таблица 1. Значения модели CAPM ПАО «ФСК ЕЭС»

Показатели	2014 год	2015 год	2016 год
Безрисковая ставка	10,51%	9,97%	8,3%
Среднерыночная ставка доходности	11,76%	12,25%	14,86%
Бета-коэффициент	0,65	0,65	0,65
CAPM	11,3%	11,5%	12,6%

Бета - коэффициент для ПАО «ФСК ЕЭС» был взят с сайта Московской биржи. Для данной модели требуется безрисковая ставка - бескупонная доходность по облигациям Федерального займа с трехлетним сроком до погашения. В качестве среднерыночной ставки доходности был взят Индекс МосБиржи по отрасли электроэнергетике.

Таблица 2. Значения модели WACC ПАО «ФСК ЕЭС»

Показатели	2014 год	2015 год	2016 год
Доля собственного капитала	0,7	0,7	0,7
Доля заемного капитала	0,3	0,3	0,3
CAPM	11,3%	11,5%	12,6%
Стоимость заемного капитала	15,3%	15,3%	15,3%
Ставка налога на прибыль	20%	20%	20%
WACC	11,61%	11,8%	12,5%

В качестве стоимости собственного капитала были взяты значения модели CAPM, а в качестве стоимости заемного капитала была взята средняя ставка по коммерческим кредитам самых крупных банков России. Таким образом, оптимальная структура капитала ПАО «ФСК ЕЭС» с точки зрения минимизации средневзвешенной стоимости капитала была достигнута в 2016 году.

*М.Д. Жлобницкий, студ.; рук. А.В. Виноградова, к. э. н., доц.
(Филиал «МЭИ» в г. Смоленске)*

УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ МАЛОГО И СРЕДНЕГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА РОССИИ

Анализ условий развития малого и среднего предпринимательства (МСП) России, проведенный на основе данных опроса населения [1] показал, что в 2016 г. по сравнению с 2011 г. уменьшились налоговая нагрузка (21% ответов прошенных в 2016 г. по сравнению с 23% в 2011 г.), коррупция и взяточничество (9% и 17% соответственно), бюрократия и административные проволочки (9% и 11%), при этом опрошенных волнует нестабильная экономическая ситуация (5% и 3%) и отсутствие поддержки со стороны государства (4% и 3%) (рис.1).

Для дальнейшего развития благоприятных условий развития МСП в 2016-2017 гг. были приняты ряд нормативных актов по его поддержке [2], создана Корпорация МСП (2015 г.).

Исследования показали, что важным условием развития МСП является не только поддержка государства, но и взаимодействие субъектов МСП с субъектами крупного бизнеса. Основными преимуществами, такого взаимодействия являются: высокая оперативность взаимодействия; гибкая ценовая политика; учет пожеланий заказчика в отношении требуемых характеристик товара (услуги), в том числе в рамках импортозамещения и др. Ключевыми недостатками при работе с субъектами МСП являются, неуверенность в их надёжности, риск неисполнения обязательств и уклонения от ответственности, риски при налоговом администрировании.

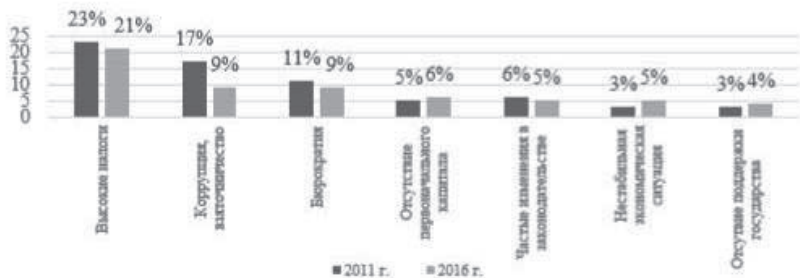


Рис.1 Результаты опроса населения, в процентах

Литература

1 Еженедельный опрос «ФОМнибус». URL: <https://fom.ru/posts/download/12765> (дата обращения: 03.10.2018).

2. Мешалкин В. П., Виноградова А. В., Жужгина И. А. Обеспечение развития системы малого предпринимательства Арктики // Север и рынок. 2017. № 3 (54). С.198-209.

Е.С.Воскова, студ.; рук. Т.А Шиндина, д.э.н., доц.(НИУ «МЭИ»)

О ПРАКТИКЕ СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ НЕПРОИЗВОДСТВЕННЫХ АКТИВОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Для оценки стоимости недвижимого имущества используются различные экспертизы, в том числе судебная. Судебная экспертиза недвижимости требуется в таких случаях, как взыскание долга в судебном порядке, для решения возникших споров с государственными органами и так далее. Правовую основу, принципы организации и основные направления государственной судебно-экспертной деятельности определяет федеральный закон от 31 мая 2001 г. № 73-ФЗ.

Судебная экспертиза может потребоваться для решения многих споров, которые рассматриваются в суде, в том числе в таких случаях: перед покупкой или продажей недвижимости; для оценки предприятия для привлечения акционеров; страхование недвижимости; составление отчета для налоговой; для получения кредита; ликвидация недвижимости; для решения гражданских споров.

Главная цель судебной экспертизы объектов недвижимости, в первую очередь - это оценка стоимости недвижимости, для разрешения споров двух сторон в судебном порядке. Развитие экспертизы позволит быстрее и проще исследовать объекты, давая эксперту более четкое понимание о стоимости, состоянии и так далее.

С позиции экспертизы объектов недвижимости наиболее хорошо развиты в практике технические методы, связанные с конструктивной частью объектов, и наименее развиты экономические методы, связанные с оценкой возраста недвижимости, моральным устареванием активов, технологическими особенностями жизненного цикла использования объектов недвижимости. Такой вывод можно сделать исходя из данных о количестве судебных споров в 2017 году об установлении кадастровой стоимости объекта недвижимости в размере его рыночной стоимости (6 100 исков)[1].

Предполагается создать новый метод оценки кадастровой стоимости непроектных активов. Усовершенствованный метод, отличающийся уточненными результатами оценки стоимости непроектных активов, позволит улучшить процесс проведения экспертизы в суде, а так же будет в целом полезен для оценки недвижимости.

Литература

1. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии - <https://rosreestr.ru/site/>

А.А. Курбатов, студ.; рук.: А. В. Носов, ст.преп. (НИУ «МЭИ»)
**ВЕНЧУРНОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ
ПРОЕКТОВ РФ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ**

В связи с модернизацией экономики России возникает необходимость дополнительных финансовых ресурсов на развитие высокотехнологичных сфер деятельности и инновационных проектов. Венчурный бизнес - наиболее высокотехнологичный вид направления финансового менеджмента выполняет функцию содействия развитию перспективных идей и технологий путем целевых инвестиций. Он является действующим инструментом поддержки и развития реального сектора экономики, прежде всего малых и средних предприятий.

Во многом развитию венчурного финансирования в России препятствуют общеэкономические и организационные проблемы инвестиционного предпринимательства [1]:

а) неразвитость бизнес-инфраструктуры, способной обеспечить эффективное сотрудничество субъектов венчурной индустрии и малых инновационных фирм;

б) отсутствие экономических стимулов для привлечения прямых инвестиций в предприятия высокотехнологичного сектора, обеспечивающих приемлемый риск для венчурных инвесторов;

в) недостаточная информационная поддержка венчурной индустрии;

г) отсутствие квалифицированного менеджмента и управляющих венчурными фондами, низкий уровень инвестиционной культуры предпринимателей;

д) практически отсутствуют нормативные правовые акты, обеспечивающие функционирование венчурного финансирования малого инновационного бизнеса.

Ряд специалистов считает, что Россия является перспективным направлением для создания конкурентоспособной венчурной индустрии ввиду наличия сильной инженерной школы и высокого уровня образования, а также большой рынок.

В рамках проводимого исследования было предложено уточнить систему динамических показателей оценки инвестиционной привлекательности проектов за счет венчурного финансирования, используя инструменты риск-менеджмента. В частности, в рамках оценки значения показателя дисконтирования внедрен дополняющий коэффициент оценки рисков на базе модели эконометрического моделирования уровня риска.

Литература

1. Кузнецова М.В. Пути повышения эффективности венчурного финансирования инновационных проектов. – М.: Инфра-М, 2016.

Е.С.Бояркина, студ.; рук. Т.Ю.Киселёва, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ОСОБЕННОСТИ КОМПАНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
ОТРАСЛИ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ ПРИНЯТИИ
ФИНАНСОВЫХ РЕШЕНИЙ**

Одним из факторов, определяющих характер принимаемых финансовых решений, являются отраслевые особенности современных компаний.

Важность исследования финансов компаний электроэнергетической отрасли связано не только с тем, что данная отрасль обеспечивает потребности всех субъектов в энергетической и тепловой энергии, а так же является основой устойчивого развития современной российской экономики.

Анализируя электроэнергетику в целом как отрасль, можно выделить следующие специфические особенности:

1. Требуется больших объемов инвестиций. Электроэнергетика представляет собой одну из самых капиталоемких производств национальной экономики, что обусловлено высокой стоимостью основных производственных средств [2].

2. Велико влияние государственного регулирования. В связи с тем, что отрасль имеет большую социальную значимость, она требует государственного контроля за соблюдением баланса экономических интересов поставщиков и потребителей [2].

3. Данная отрасль относится к естественной монополии.

4. Диверсификация инвестиционных рисков по секторам отрасли. Федеральный закон № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» предусматривает диверсифицированную модель финансового обеспечения [1].

5. Относительно недавнее внедрение рыночных механизмов (Переход к финансовому обеспечению в условиях конкурентного рынка).

Все перечисленные особенности отрасли необходимо учитывать менеджменту при принятии решений по выбору источников финансирования.

Проведенные исследования с учетом отраслевых особенностей, на примере нескольких крупных энергетических компаний, показали, что финансирование должно осуществляться преимущественно с использованием собственного капитала. При такой структуре капитала предприятия отрасли, как правило, показывают растущую прибыль.

Литература

1. **Федеральный закон** «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 №35-ФЗ (ред. от 28.12.2016 №508-ФЗ).

2. **Кузнецов Н.В.** Финансовое обеспечение электроэнергетических предприятий России в условиях реализации программ развития отрасли. //Фундаментальные исследования, 2014. - №8 ч.6. – С. 1431-1438.

Е.А. Русакова, студ., Н.Л. Кетоева, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ С
ПОМОЩЬЮ ИНСТРУМЕНТОВ МАРКЕТИНГА**

По результатам проведенного исследования литературных источников по проблематике конкурентоспособности предприятий нами выведено следующее определение конкурентоспособности: конкурентоспособностью предприятия является превосходство субъекта над конкурентами, оцененное внешней средой, в определенных сегментах рынка, на конкретный момент и полученное без ущерба окружающим.

Исследование показало, что уровень конкурентоспособности предприятия является показателем, зависящим от ряда факторов. С учетом мнений экспертов, такими факторами мы определили: конкурентоспособность товаров или услуг на рынках; емкость рынка; вид товара или услуги; возможность доступа на рынок; позиции на рынке предприятий-конкурентов; однородность рынка; конкурентоспособность отрасли в целом; возможность внедрения инноваций и пр.

Оценивая методики управления конкурентоспособностью и определения ее уровня, нами было выявлено, что единого подхода к решению задачи оценки конкурентоспособности предприятия пока не выработано. По нашему мнению, основные из методов можно разделить на 2 группы: расчетные (метод рейтинговой оценки, оценка на основе расчета доли рынка, метод оценки на основе теории эффективной конкуренции, метод оценки на основе потребительской стоимости) и теоретические (матрица БКГ, SWOT-анализ, PEST-анализ, матрица конкуренции по М. Портеру, метод «многоугольник конкурентоспособности предприятия»).

На современном этапе конкурентной борьбы предприятиями используется множество видов и инструментов маркетинговых коммуникаций. Таких как реклама, PR, стимулирование сбыта, связи с общественностью, прямой маркетинг и многие другие. По нашему мнению, одним из главных средств повышения конкурентоспособности является Интернет-маркетинг.

Изучив механизмы повышения конкурентоспособности, нами выведено следующее определение: организационно-экономический механизм повышения конкурентоспособности предприятия - это система сенсорных, организационных и экономических средств своевременного влияния на эффективность работы предприятия с целью повышения уровня его конкурентоспособности. Перспективным направлением дальнейших исследований в данной области является учет маркетингового механизма повышения конкурентоспособности конкретных предприятий.

И.О. Гаджиева, студ.; рук. Е.Е. Крыленко, ст.преп. (НИУ «МЭИ»)
**ФОРМИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ СРЕДЫ ДЛЯ
 УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОКОМПАНИИ**

Сегодня стратегическая цель российских энергокомпаний – обеспечение устойчивого роста, в основе которого должно лежать достижение технологического лидерства на внутреннем и внешнем рынке за счет внедрения инновационных технологий [1]. Для устойчивого развития компаниям необходимо сформировать инновационную среду, способствующую осуществлению эффективной и успешной инновационной деятельности.

Авторами предлагается при формировании инновационной среды использовать процессный подход[2] (рис. 1).



Рисунок 1 – Процессная модель формирования инновационной среды

Атрибутами процесса формирования инновационной среды на входе являются проблемы эксплуатации на станциях (изношенное оборудование, низкий КПД, большое число отказов), технологический потенциал энергомашиностроения, база данных собственных разработок и объектов интеллектуальной собственности в РФ, зарубежные практики; на выходе – инновационные решения для энергетики; механизмы, ресурсы – материальные, трудовые, финансовые, информационные ресурсы; управляющие воздействия – нормативно-правовые акты, система энергетического менеджмента.

Личный вклад автора состоит в определении и детальном анализе наиболее релевантных литературных источников по теме исследования.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку модели оценки состояния инновационной среды.

Литература

1. **Паспорт программы инновационного развития ПАО «Интер РАО» до 2020 г. с перспективой до 2025 г.**
2. **Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования».**

А. В. Лаврова, студ.; рук. В. Н. Незамайкин д.э.н., доцент (НИУ «МЭИ»)
**УПРАВЛЕНИЕ СОБСТВЕННЫМ КАПИТАЛОМ ДЛЯ
ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

Тема управления собственным капиталом предприятия является особенно актуальной сегодня, поскольку в нашей стране экономическая ситуация весьма нестабильна, что ведет к росту конкуренции практически во всех секторах экономики. На основе данного явления многие предприятия не выдерживают соперничества из-за неграмотного управления компаниями, что приводит к банкротству. Поэтому для нашей страны наличие оптимально сформированной структуры собственного капитала является первым условием надежности функционирования компании.

Эффективность управления собственным капиталом может быть определена его рентабельностью, а также стоимостью.

Для компаний нефтегазовой отрасли, таких как ПАО «Татнефть», ПАО «Лукойл», ПАО «НК «Роснефть» уровень рентабельности собственного капитала в 2017 году находился на уровне 16,5%; 15% и 7,1% соответственно. При этом, рекомендованным уровнем данного показателя по мнению российских экономистов является 20%.

В отличие от определения рентабельности собственного капитала определение его стоимости с помощью методов, используемых в зарубежной практике может быть сопряжено с целым рядом трудностей. Так как для использования модели М. Гордона (метод расчета прироста дивидендов) основным ограничением метода при оценке стоимости акционерного капитала отечественных нефтегазовых корпораций является неравномерность темпов прироста дивидендных выплат.

Применение модели оценки стоимости капитальных активов (САРМ) в условиях России также сопряжено с целым рядом трудностей, поскольку получение любого параметра модели (R_f , β) представляет собой практическую проблему. В случае неверной оценки даже одного из параметров вероятность получения ошибочной стоимости капитала значительно возрастает.

Соответственно, наиболее приемлемыми для оценки стоимости акционерного капитала корпорации считаем методы, предполагающие использование стоимости дивиденда и цены акции (дивидендная доходность). Так как именно дивиденд отражает ту цену, в которую обходится корпорации использование предоставленного акционерами капитала. Данный подход может быть использован предприятиями нефтегазовой отрасли в качестве рекомендаций по управлению компании с целью повышения ее стоимости.

Б.В. Шунта, студ.: рук: Д.А. Фрей, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
БИЗНЕС-МОДЕЛЬ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ
ГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ
ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ

Одна из важнейших составляющих устойчивого социально-экономического развития Российской Федерации – инновационное развитие предприятий ТЭК, осуществляющих добычу, транспортировку, хранение и переработку углеводородных ресурсов (далее – Предприятия).

Энергоснабжение основных производственных объектов является непрофильным видом деятельности для Предприятий, в связи с чем в полной мере не реализуется потенциал энергосбережения и повышения энергетической эффективности, а проведение текущих и капитальных ремонтов финансируется по остаточному принципу, что значительно снижает надежность энергоснабжения технологических процессов.

На сегодняшний день на большинстве Предприятий применяется функциональный подход к управлению с присущими ему недостатками. В условиях неопределенности данный подход становится все менее эффективным, поскольку Предприятия не способны оперативно реагировать на изменения внешней среды и создавать новые возможности.

Для решения вышеуказанных проблем предложена процессно-ориентированная бизнес-модель энергоснабжения газодобывающих предприятий, где функция энергоснабжения передается на аутсорсинг в энергетические компании, цель которых – создание потребительской ценности. В рамках работы разработана цепочка создания ценности, предложена классификация бизнес-процессов, определены ключевые процессы (производство и транспортировка энергоресурсов и воды, планово-предупредительные ремонты, оперативно-диспетчерское управление), оказывающие решающее влияние на формирование ценности для потребителя. Также в работе предложен методический подход к оценке эффективности применения разработанной бизнес-модели энергоснабжения на базе концепции экономической ценности [1]. В результате апробации разработанной бизнес-модели энергоснабжения на газодобывающем предприятии Группы Газпром установлено, что совокупные издержки потребителя на услуги энергоснабжения снижаются с 7 423 млн рублей до 6 692 млн рублей. Экономическая ценность для потребителя составляет 731 млн рублей в год.

Литература

1. Юлдашева О.У., Шубаева В.Г., Орехов Д.Б. Методология измерения и оценки потребительской ценности: дифференциация подходов // Вестник СыктГУ. 2014. Выпуск №3.

К.В. Кожомина, студ.; рук. Е.Е. Крыленко, ст.преп. (НИУ «МЭИ»)
**МЕЖДУНАРОДНОЕ ПАРТНЁРСТВО В СФЕРЕ
ЭНЕРГЕТИКИ: НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ**

Сфера энергетики в настоящее время является весьма перспективным направлением международного инновационного сотрудничества, так как возрастающие темпы роста развивающихся экономик требуют огромных энергоресурсов[1]. Такое сотрудничество направлено на развитие взаимовыгодных экономических связей и на удовлетворение потребностей внутренних рынков государств в энергоресурсах, а также доступ к внешним рынкам.

Актуальным становится выявление механизмов и перспективных направлений для углубления и расширения международного инновационного сотрудничества России в рамках Евразийского экономического союза (ЕАЭС).

В качестве основного инструмента развития международного сотрудничества России и стран ЕАЭС в сфере энергетики предлагается внедрение кластерного подхода к интеграционному объединению.

Необходимость формирования кластерной стратегии для интенсификации экономического развития региона отмечается в национальных стратегиях экономического и инновационного развития стран - членов ЕАЭС [2].

В настоящее время становится очевидным, что формирование самостоятельной кластерной политики позволит накопить достаточный потенциал для того, чтобы конкурировать с более сильными державами на мировом рынке.

Например, существенный потенциал для создания совместного энергетического кластера есть у российской компании АО «Атомстройэкспорт», на базе которой строится Белорусская АЭС. Попытка оценить и реализовать совместный проект двух стран может стать первым шагом внедрения кластерного подхода в ЕАЭС.

Дальнейшее исследование авторов будет направлено на определение показателей оценки эффективности кластерного объединения.

Литература

1. **Гловов С.А.** Экономическая и политическая интеграция на постсоветском пространстве: от СНГ к ЕвразЭС и АЕЭС. Вып. 7. / Отв. ред. В.И. Дюкарев. М.: Изд-во МНЮИ, 2015.

2. **Распоряжение Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. N 1662-р** «Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года»

Г.К. Жумабекова, маг.; рук. Е.М. Табачный, к. т. н., доц. (НИУ МЭИ)
**ВЫБОР КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЯ**

Процесс разработки и внедрения инноваций на предприятиях очень сложен. Большой части предприятий в быстроменяющейся рыночной среде приходится выбирать стратегию выживания. Поэтому они почти не имеют возможности позволить себе внедрения инновационных проектов в технологический процесс.

Необходимо для каждого отдельного инновационного проекта задавать свою классификацию рисков, так как происхождение риска, для определенного вида деятельности, имеет свою определенную специфику, задающую целесообразность наличия в системе классификации тех или иных признаков.

Были решены следующие задачи: 1) разработана классификация объектов и инструментов инновационной деятельности технических предприятий радиоприборостроения на территории РФ и СНГ, 2) Проведен анализ и сформулированы особенности инновационной деятельности технических предприятий, 3) сформулированы особенности инновационных проектов и программ, 4) разработана классификацию инновационных рисков предприятия и выбран метод их анализа, 5) предложена классификация методов сокращения последствий рисков инновационной программы.

Научный результат заключается в разработке передовых методов формирования инновационных программ предприятий, при различных особенностях технической деятельности предприятия радиоприборостроения, а также для обеспечения повышения эффективности деятельности предприятий.

При исследовании применялись статистические методы, системный анализ, аналитический подход.

Суть исследования была построена на принципе, что инновационная программа представляет собой несколько проектов, поэтому ее необходимо рассматривать как нечто целое, и при ее разработке необходимо руководствоваться законами теории систем.

Литература

1. *Зайцев Н.Л.* Экономика, организация и управление предприятием: Учебн. пособие/ Н.И. Зайцев- 2-е изд., доп. М: ИНФРА-М, 2009 г.
2. *Махтева И. П.* Особенности классификации рисков в управлении инновационными проектами холдингов. // Вестник Самарского государственного университета, № 7 (105), 2013 г.

А.Г. Антюфьев студ.; Е.М. Табачный., доц., к.т.н. (НИУ «МЭИ»)
ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ БАНКОВ

На сегодняшний день основополагающим критерием успеха банковской деятельности выступает именно стратегия внедрения нововведений (инноваций). В первую очередь, банки заботятся об увеличении капитала именно за счет предложения качественно новых (инновационных) продуктов и услуг именно потребителям этих продуктов. Во вторую очередь, безусловно, для того, чтобы обеспечить стабильное положение на рынке в условиях динамично развивающегося банковского сектора, а также обеспечить возможность внедрять инновационные продукты во всех сферах деятельности [1].

Желаемые потребности клиентов банка удовлетворяются в основном за счет дополнительных услуг, включенных в состав базы банковских продуктов. Как, к примеру, потребность корпоративных клиентов банка в индивидуальном обслуживании удовлетворяется за счет Private banking, другие клиенты испытывают потребность в услугах расчетно-кассового обслуживания за счет удаленного банковского обслуживания.

После осуществленного анализа многих инновационных продуктов и услуг коммерческих банков, мы замечаем, что именно в соответствии с динамично меняющимися условиями экономической деятельности инновации банковского сектора выступают теперь неперенным условием успешного функционирования любого коммерческого банка [2].

В целом, проведя анализ работы банка за два года, и взяв во внимание только 46 % от общего числа работников банка, мы установили прибыльность внедренных инновационных продуктов. За первый год прибыль составила 140 455,30 руб./мес., начиная со второго года, и последующие годы прибыль будет составлять 115 284,10 руб./мес. Поэтому ПАО «Сбербанк России» необходимо рассмотреть все возможные варианты для внедрения инновационных банковских продуктов.

Таким образом, внедрение инновационных банковских продуктов позволит вывести банк на качественно новый уровень обслуживания, что, вне всякого сомнения, приведет к прибыли кредитную организацию в будущем.

Литература

- 1. Бровка Н.Е.** Закономерности и перспективы развития кредитного рынка в России. М.; Кнорус, 2013, - 235 с.
- 2. Гамидов, Г. С.** Инноватика – наука управления процессами преобразования научных достижений в инновации / Г. С. Гамидов // Инновации. – 2010. – № 2. – с. 28 – 42.

А. Н. Юнг, студ.; рук. В. А. Щевьеваст. преп. (НИУ «МЭИ»)
**АЛГОРИТМ ДЕЙСТВИЙ ИНВЕСТОРА ПРИ ОЦЕНКЕ
ИНВЕСТИЦИЙ**

Управление рисками является первым этапом при оценке инвестиций. Необходимо определить полный перечень рисков, сгруппировать их по возможности минимизировать их. Инвестор должен разработать план по минимизации рисков и определить уровень риска портфеля в целом.

Формируя инвестиционный портфель, каждый инвестор основывается на личных интересах. В зависимости от терпимости к риску портфель может содержать больших рискованных позиций с большей доходностью и наоборот.

Второй этап – определить точку входа на рынок. При этом инвестору необходимо провести фундаментальный и технический анализ для определения тренда акции.

Третьим этапом является оценка инвестиций с точки зрения ее надежности. Инвестиции, которые обладают высокой доходностью являются высоко рискованными. Менее рискованные активы, обладающие высокой надежностью, имеют более длительный срок эксплуатации и имеют низкую доходность, но их стоит добавлять в инвестиционный портфель, в качестве обеспечения прибыли и снижения риска.

Четвертым этапом является выбор направлений инвестиционной деятельности. Портфель должен состоять из не коррелируемых областей экономики. Данный этап важен, поскольку выбор всех инструментов из одного сектора экономики, приводит к повышению риска из-за возникновения непредвиденных ситуаций. Использование данного параметра приводит к возможности хеджирования рисков.

Последним этапом можно выделить определение точки выхода из позиции. Точку выхода можно спрогнозировать благодаря техническому анализу, определив конец восходящего/убывающего тренда, по средствам осцилляторов, индикаторов, а также придерживаясь правил по работе с графиками.

Подводя итоги, можно сделать следующие выводы: портфель стоит составлять из акций и облигаций, занимающих от 25% до 50% от всего портфеля. Инвестору требуется выйти на оптимальный уровень диверсификации портфеля. При этом акции компаний должны иметь высокую прибыльность за значительный промежуток времени. Также стоит разработать стратегию, основной составляющей которой будет равномерное вложение сумм в определенный период.

Пользуясь данными советами, можно избежать повышенных рисков при составлении инвестиционного портфеля.

Е.К. Николаева, студ.; рук. Н.А. Юдина, к.х.н., доц. (КГЭУ, Казань)

ВЕРОЯТНЫЕ РИСКИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Актуальность темы определяется неизбежностью трансформации экономики России в новое состояние, под определением «цифровая экономика». Цифровая сущность несет в себе не только новые возможности и перспективы развития, но и видимые риски. В статье автором самостоятельно выявлены и обоснованы основные риски.

Базовый риск связан с отсутствием кадров. Перейти в хозяйствовании к цифровым методам оказалось весьма выигрышно, обслуживать своих клиентов компаниям стало менее затратно, чем в офисах. Но возникла проблема в кадрах. Такого количества грамотных программистов, которые в силах разработать нужную обслуживающую систему, не оказалось на рынке труда.

Следующей проблемой «оцифровки» экономики, которая не так очевидна, является смена мест бизнеса и бизнеса информационных технологий. Предположим, что с информационной технологией системы что-то пошло не так и данные исчезли. В таком случае, бизнес не пострадает. Придется лишь потратить много времени на восстановление данных. Однако в цифровой экономике нет такого понятия как «первичка». Если информационная технология выйдет из строя, это приведет к коллапсу. Даже аналоговые процессы перестанут работать, потому что управление ими цифровое. Информационные технологии не отражают бизнес, они сами являются им.

Существует также риск использования блокчейна. Блокчейн является технологией хранения данных и информации об обработке самих данных. Уязвимость в блокчейн платформе может привести к ветвлениям в экосистеме криптовалют. Основной принцип ветвления- неизменность проведенных транзакций. Например, если транзакция была подтверждена, но при этом была вызвана сбоем, оказалась ошибочной, неправильной или мошеннической, то она исправлению не подлежит.

Описанные выше серьезные риски могут подавить достижения в цифровой экономике.

Автором даны следующие рекомендации:

- 1) при построении архитектуры системы и ее проектировании, в первую очередь, должна быть учтена ее безопасность;
- 2) Необходимо создавать информационную безопасность не навесной системой. Нужно сделать ее встроенной функцией для каждой информационной технологии системы. Только в таком случае существует вероятность, избежать вышеописанные риски.

Е.А. Новожилова, студ.; Т.А. Шиндина, д.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ
ДОМИНИРОВАНИЯ НА РЫНКЕ ДОРОЖНО-
СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

Среди основополагающих категорий современного антимонопольного законодательства особое место занимает понятие доминирующего положения. От точности определения доминирующего положения зависит корректность выявления нарушений антимонопольного законодательства и эффективность функционирования хозяйствующих субъектов, что существенно отражается на общественном благосостоянии[1]. Наличие четких критериев доминирования снижает уровень неопределенности для субъектов хозяйствования, что способствует увеличению эффективности принимаемых экономических решений.

Важнейшим критерием в российском антимонопольном законодательстве является количественный критерий – занимаемая на рынке доля. Также установлены различные качественные характеристики, по большей части привязанные к количественным показателям [2]. Использование указанных выше критериев не позволяет однозначно определить доминирование как возможность хозяйствующего субъекта контролировать рынок. Требуется совершенствование подхода к оценке доминирующего положения, в основу которого должна быть положена оценка реальной возможности влиять на условия функционирования рынков, учитывающие отраслевые особенности регулируемых рынков.

Разработанная методика оценки доминирования на рынке дорожно-строительных работ на основе фискальных отчислений предприятия, в отличии количественных критериев, представленных в Федеральном законе №135-ФЗ [3], учитывает целую совокупность факторов, поскольку начисленные налоговые платежи предприятия позволяют объективно оценить финансовое, имущественное состояние организации. Это позволит достичь наиболее объективного представления о положении хозяйствующего субъекта с учетом отраслевой структуры экономики, а также реальной возможности влиять на условия функционирования рынка.

Литература

1. **Горошко В. В.** Доминирующая фирма: стратегия и тактика динамического развития: Дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05: Новосибирск, 2001 174 с.
2. **Борзило Е.Ю.** Критерии определения доминирующего положения: обзор законодательства // Российский юридический журнал, 2014, N 3. [Электронный ресурс]. – URL: <http://lexandbusiness.ru/view-article.php?id=3094>
3. **Федеральный закон от 26.07.2006 №135-ФЗ «О защите конкуренции» // РГ. №162. 27.07.2006.**

Е.С. Малинина, студ.; рук. А.Б. Козновк.э.н., доц., (НИУ «МЭИ»)
**АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ СТРУКТУРЫ КАПИТАЛА И
ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ**

Данная тема актуальна тем, что в рыночных условиях, гарантией выживаемости и основой стабильного положения фирмы является её финансовая устойчивость. В случае если предприятие финансово устойчиво, платежеспособно, то оно содержит ряд преимуществ перед другими предприятиями такого же профиля для получения кредитов, привлечения вложений, в выборе поставщиков и в подборе обученных сотрудников. Чем выше стабильность предприятия, тем больше оно автономно от внезапного изменения рыночной конъюнктуры и, значит, что меньше вероятность разорения [1].

Целью работы является разработка метода оптимизации капитала с целью повышения финансовой устойчивости организации.

Соответствии с целью, ожидается решить ряд задач в процессе изучения:

- раскрыть связь структуры капитала и финансовой устойчивости;
- избрать альтернативную методику оценки экономической устойчивости предприятия;
- провести анализ финансово-хозяйственной деятельности фирмы, включающий: расчёт характеристик финансовой устойчивости структуры капитала и анализ тенденций показателей [2].
- создать прогнозный вариант алгоритма роста устойчивости финансовых ресурсов предприятия.

Разработки в области управления финансовой устойчивостью предприятий позволят нам сделать вывод о возможности систематизации рассматриваемых данных, в целях их практического применения в антикризисном регулировании для объединения полученных результатов исследования в виде системы, включающей в себя такие составляющие, как сбор, анализ и обработка приобретенной информации, передача ее для процесса подготовки и принятия управленческих решений, а также организация комплексного и всестороннего контроля за реализацией принятых решений в области управления финансовой устойчивостью.

Созданная стратегия позволит совместить в себе составляющие финансового анализа, оценку ресурсного потенциала фирмы, разработку мер по обеспечению финансовой устойчивости.

Литература

1. **Ковалев В.В.** Финансовый анализ. Управление капиталом. Выбор инвестиций. Анализ отчетности. М.: Финансы и статистика, 2017.
2. **Никольская Э.В., Лозинская В.Б.** Финансовый анализ. М.: МГАП Мир книги, 2017.

*Т.С. Гончарова, студ.; Л. В. Фомченкова, д.э.н., проф.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ ФОРСАЙТ-ИССЛЕДОВАНИЙ

Высокая зависимость социально-экономического развития и безопасности страны от состояния энергетики определяет необходимость наращивания темпов ее цифровизации. В программе «Цифровая экономика РФ» рассматриваются федеральный, региональный и организационный уровни управления обособленно друг от друга [1]. Для них предложены разные механизмы и методы, что при планировании не обеспечивает системного подхода.

Для решения данной проблемы предлагается использовать при разработке программ развития цифровой энергетики методологию Форсайт-исследований [2] (рис. 1). В этом случае будет обеспечен системный подход к разработке стратегии цифровизации как энергетики в целом, так и отдельной организации, исключено противоречие целей, сокращено время на запуск и реализацию проектов.

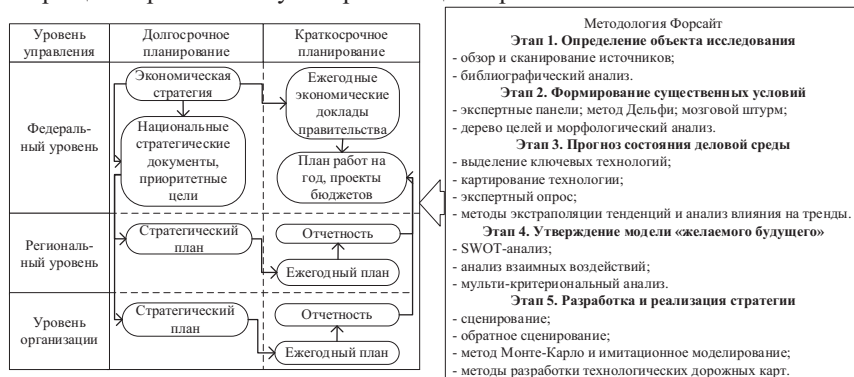


Рис. 1. Механизм планирования цифровизации энергетики на основе Форсайт-исследований

Литература

1. **Программа «Цифровая экономика РФ»** [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 06.12.2018).
2. **Малиновская О. В., Скобелева И. П.** Форсайт как технология стратегического планирования и управления [Электронный ресурс] / О. В. Малиновская, И. П. Скобелева // Дайджест-финансы. 2015. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/forsayt-kak-tehnologiya-strategicheskogo-planirovaniya-i-upravleniya> (дата обращения: 06.12.2018).

А.В. Косова студ.; рук.: Е.М. Лисин, к.э.н., доц. (НИУ МЭИ).
**РЕСУРСНО-ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ
 НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХАБА**

Ресурсно-электроэнергетическая интеграция представляет собой систему, состоящую из нескольких взаимосвязанных и конкурирующих сложных комплексных систем: газотранспортной; систем теплоснабжения и электроснабжения. Точкой соприкосновения систем является конечный продукт или услуга потребителю, обладающие потребительскими характеристиками, такими как стоимость, доступность, надежность, качество и т.д. На рис.1. представлена разработанная модель ресурсно-электроэнергетической интеграции на основе теории энергетических хабов.

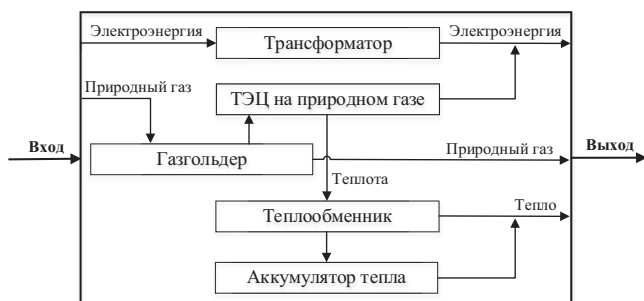


Рис. 1. Ресурсно-электроэнергетическая интеграция на основе энергохаба

Энергетический хаб описывает связи между производителями энергии и транспортной инфраструктурой, с одной стороны, и конечными потребителями энергии, с другой стороны[1]. На текущий момент остается нерешенной задача структурной оптимизации производства и поставки видов энергии конечному потребителю, что требует проведения научных исследований в области применения теории энергетических хабов с целью разработки модели энергоснабжения потребителей электроэнергией, теплом и природным газом с учетом сложной их взаимосвязи как товаров на энергорынках принципа обеспечения минимальной стоимости энергообеспечения.

Литература

1. Еделева О.А. **Использование теории хабов в задачах оптимизации энергисточников городских территорий** // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21. – №. 10 – с. 95-105.

Е. А. Малыш, студ.; рук.: Н. Л. Кетова, к.э.н., доц. (НИУ МЭИ)
**СИСТЕМА КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАК
ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Хорошо поставленная и постоянно функционирующая система бизнес-планирования позволяет планировать и координировать работу всех структурных подразделений для достижения стратегических целей, повышать эффективность управления.[1] В этой связи их деятельность в среднесрочной перспективе характеризуется достаточным уровнем стабильности, что позволяет делать прогнозы на будущее с высокой степенью вероятности.

Данное исследование заключается в разработке системы ключевых показателей эффективности для применения в бизнес-планировании компаний инфокоммуникационного сегмента. Согласно разработанной системе, существенно расширен перечень показателей, определяющих уровень операционной эффективности, конкурентоспособности компании и уровень развития персонала.

Актуальность предлагаемой системы продиктована жесткой конкуренцией в инфокоммуникационном сегменте, реализацией совершенно различных моделей производственной деятельности. Важным моментом является быстрота реагирования на требования рынка.

Компании, проявляющие гибкость и имеющие возможность быстро осуществить трансформацию, в том числе и внутреннюю, могут быть успешнее своих конкурентов. Для реализации этой возможности компаниям необходимо осуществлять «тонкую» настройку своей производственной деятельности и повышать ее контролируемость с помощью большего числа наиболее эффективных показателей, отвечающих за то или иное направление.

Введение расширенного количества ключевых показателей эффективности, которые можно контролировать и настраивать в процессе операционной деятельности предприятия, позволяет повысить скорость реакции компании на внешние изменения, обеспечить быстроту трансформации, позволяющую быть успешным на рынке.

Предложенная система ключевых показателей эффективности дает возможность более точно выявить сильные и слабые стороны, а также улучшить эффективность деятельности компаний на сегментированном рынке, обеспечив совокупный среднегодовой темп роста операционной прибыли на уровне более 5%.

Литература

1. Фадеева К.В. Стратегическое управление предприятием на основе разработки и внедрения ключевых показателей эффективности, 2014.

Т.А.Яковлева, студ.;рук. Д.А. Фрей,к.э.н., доц. (НИУ МЭИ)
**ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЦЕНОВОЙ КАТЕГОРИИ ДЛЯ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ**

В результате проведения реформы в электроэнергетике сложилась достаточно сложная системаценообразования на электрическую энергию (ЭЭ), которая предоставляет возможность выбора 6 разных ценовых категорий (ЦК) для потребителя [1]. Выбор наилучшей ценовой категории позволяет сократить издержки предприятия на ЭЭ.Целью работы являетсявыявление наилучшей ценовой категории для промышленного потребителя с заданной электрической нагрузкой.

Согласно «Основным положениям функционирования розничных рынков электрической энергии»[2] продажа электрической энергии (мощности) осуществляется по нерегулируемым ценам в ценовых зонах.Предельные уровни нерегулируемых цен (ПУНЦ) на электрическую энергию (мощность) дифференцируются исходя из уровня напряжения и величины максимальной мощностипотребителя, который вправе выбрать:

Первую – шестую ценовую категорию с максимальной мощностью энергопринимающих устройств <670 кВт.

Третью – шестую ценовую категорию с максимальной мощностью энергопринимающих устройств> 670 кВт.

ПУНЦ состоит из:

1. Цены электроэнергии и мощности;
2. Сбытовой надбавки гарантирующего поставщика;
3. Платы за услуги инфраструктурных организаций;
4. Тарифа на услуги по передаче электрической энергии.

По результатам проделанной работы был разработан алгоритм обоснования выбора ценовой категории для промышленного потребителя с цельюснижения издержек на ЭЭ. Рассматриваемое предприятие оплачивало ЭЭ по условиям 3 ЦК. По результатам расчетов предприятию может быть предложено перейти на 4 ЦК. Снижение издержек на ЭЭ оценивается в 170,2 тыс.руб./месяц, что составляет 6% от стоимости, потребляемой ЭЭ.Алгоритм выбора ЦК можно применять для всех промышленных предприятий. Разработанный алгоритм позволяет снижатьзатраты на энергоресурсыпромышленного предприятия, прост во внедрении и не требует дополнительных затрат.

Литература

1. **Современная рыночная электроэнергетика Российской Федерации.** 3-е издание/ под редакцией Баркина О.Г. Издательство “Перо”, 2017. -532 с. ISBN 978-5-906988-92-8;
2. **Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 N 442** (ред. от 27.09.2018).

В.Н. Бобошина, студ.; рук.: А.Ю. Амелина, к.э.н., доцент (НИУ «МЭИ»)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРИ ВЫБОРЕ ПОСТАВЩИКА ПИЩЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Пищевая промышленность – одна из важнейших отраслей экономики России. Неотъемлемой частью производства является качество и безопасность выпускаемой продукции для потребителя. В связи с этим пристальное внимание производителей направлено на поставщиков сырья. Производителям пищевой продукции важно понимать, какими критериями необходимо руководствоваться при выборе поставщиков, чтобы гарантировать безопасность продукции и не попасть под критерий ФНС о необоснованной налоговой выгоде [1]. В противном случае, предприятие может понести большие убытки. Риски, которые связаны со сторонними организациями, труднее просчитать из-за ограниченности информации и недостаточного уровня ее достоверности. Однако, существуют работы ученых, как отечественных (А.Н. Феофанов, А.Г. Салимова, Я.И. Терюхов), так и зарубежных (М.А. Ленденс, Х.Е. Фирон), которые затрагивают данную проблему и предлагают методы оценки надежности поставщиков. Основные методы оценки надежности поставщиков представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика методов оценки надежности поставщиков

Метод	Достоинства	Недостатки
1. Экспертный метод	Можно учесть качественные показатели	Сложный сбор данных, субъективность
2. Метод А. Робертсона	Значимость показателей зависит от приоритетов организации	Не учитывает репутацию поставщика
3. Аудит СМК	Недорого и несложно	Используется только в доверительных отношениях
4. Метод доминирующих характеристик	Простота, так как нацелен на один критерий	Игнорирование остальных критериев

Целью данной работы является разработка методики оценки надежности поставщиков, которая основана на многокритериальном отборе, предполагающем оценку рисков по критериям «цена», «качество», отличающаяся тем, что учитывает налоговые риски и риски пищевой промышленности, а также отходит от применения экспертного мнения для большей объективности результатов.

Литература

1. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть первая) [Электронный ресурс] : от 31.07.1998 № 146-ФЗ (ред. от 27.11.2018) // КонсультантПлюс

К. В. Болдырев, асп.; рук. В. К. Лозенко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**НАЛОГОВЫЕ ПРЕФЕРЕНЦИИ ПРИ РАСЧЁТЕ
СОВОКУПНОЙ СТОИМОСТИ ВЛАДЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ АКТИВОМ ЭНЕРГОКОМПАНИИ**

Совокупную стоимость владения (ССВ) – стоимость производственного актива энергетической компании в течение всего жизненного цикла.

Автором была поставлена задача – рассмотреть совокупную стоимость владения производственным активом (ПА) энергетической компании с учётом преференций, которые даёт применение ПП №600 «Об утверждении перечня объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности».

ПП №600 даёт некоторые налоговые преференции:

- налогоплательщики вправе применять специальный коэффициент амортизации, но не выше 2 в отношении амортизируемых основных средств, относящихся к высокоэнергоэффективным объектам [1];
- освобождаются от налогообложения организации в отношении вновь вводимых объектов, имеющих высокую энергетическую эффективность в течение трех лет со дня постановки на учет указанного имущества [1].

В работе рассмотрена турбина К-110-6,5. Стоимость паровой турбины составляет 400 млн. руб. Рассмотрим 2 варианта:

- УРУТ на данном ПА составляет более 275 г.у.т./кВ·ч (актив не в перечне ПП №600), и, следовательно, его КПД менее 44,73 %;
- УРУТ на ПА менее 275 г.у.т./кВ·ч, КПД выше 44,73 %.

При расчёте амортизации линейным методом получим, что в первом случае годовая амортизация равна 10 млн. руб., во втором – 20 млн. рублей.

Срок службы турбины – 40 лет. При расчёте налога за весь жизненный цикл отчисления в первом случае за владение ПА составят 180 400 000 рублей, во втором случае – налоговые отчисления составят 67 320 000 руб., причём первые три года владения ПА не будут облагаться налогом, а ПА полностью самортизируется за первые 20 лет работы.

Литература

1. **Налоговый кодекс Российской Федерации** от 1 января 1999 г., редакция, действующая от 30 января 2017 г. // "НПП "ГАРАНТ-СЕРВИС-УНИВЕРСИТЕТ", 2017.
2. **Лозенко В.К., Михеев Д.В., Кривец М.Б.** Оценка совокупной стоимости владения энерготехнологического оборудования с учетом нормативно-правовых актов РФ в области повышения энергоэффективности // Микроэкономика. – 2016. – №3. – С. 21-30.
3. **Оклей П. И.** Матричная модель исследования капитальной выгоды и срока смены оборудования теплоэлектростанций. Экономический анализ: теория и практика, 2016

Г.А. Костенко, Э.К. Черногрицкий, студ.; рук.: В.Н. Винокуров, асс.(НИУ «МЭИ»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ОПТИМИЗАЦИИ СРОКОВ И СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА АЭС ГК «РОСАТОМ»

Мировой опыт строительства АЭС показывает, что сроки и стоимость сооружения неодинаковы у различных компаний в мире. Так, например, у компаний США и стран Европы средний срок строительства АЭС составляет от 6 до 8 лет при удельной стоимости строительства от 4000 до 6000 долларов за кВт. У компаний Китая, Республики Корея, Японии средние сроки строительства колеблются от 4 до 5 лет, а средняя удельная стоимость строительства составляет от 1800 до 3900 долларов за кВт, у Росатома – в районе 7 лет и 3800 долларов за кВт соответственно [1], [2].

С 2007 года в Российской Федерации функции государственного заказчика, а соответственно, получателя и распорядителя бюджетных средств в сфере инноваций и строительства объектов ИАЭ переданы ГК «Росатом». На конец 2018 года ГК «Росатом» выступает генподрядчиком на выполнении работ по строительству 3 блоков за рубежом и 6 блоков на территории Российской Федерации. Основными иностранными заказчиками за последнее время стали Китай, Иран, Индия, Бангладеш, Финляндия, Венгрия и Белоруссия. Перед ГК «Росатом» стоит задача повышения эффективности расходования бюджетных средств и, как следствие, выход на конкурентоспособный уровень в мире по строительству АЭС. В этой связи показатели компаний Китая и Кореи представляют интерес как лучшие в отрасли строительства АЭС [3].

Проведенное исследование заключается в анализе факторов, влияющих на сроки и стоимость строительства АЭС у Росатома и компаний из указанных стран-лидеров, в выявлении факторов, оказывающих наиболее сильное влияние на данные показатели строительства АЭС, определение их возможных тенденций. Использованные методы исследования: обзор и систематизация общедоступных русскоязычных и иностранных источников информации (данные МАГАТЭ, публикации в прессе и т.п.), проведение сравнительных расчетов и их анализа чувствительности по влияющим факторам.

Литература

- 1. Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition.** International Energy Agency Nuclear Energy Agency Organisation For Economic Co-operation And Development.
- 2. www.iaea.org** (Сайт Международного агентства атомной энергии).
- 3. Распоряжение Правительства** Российской Федерации от 1 августа 2016 г. №1634-р

А.П. Балан, студ.; рук.: Д.Г. Шувалова., доц., к.э.н. (НИУ «МЭИ»)
**РАЗРАБОТКА МАТРИЧНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ
ТРАНСАКЦИОННЫМИ ИЗДЕРЖКАМИ ДЛЯ ПРОЦЕССА
СОГЛАСОВАНИЯ ЦЕН В ЭНЕРГЕТИКЕ**

Анализируя энергетическое предприятие можно наблюдать прямое взаимодействие с государством, где государство прописывает нормы и правила осуществления деятельности, вводит ограничения на рост цен для потребителей. Это взаимодействие осуществляется за счет заключения формальных и неформальных договоров, что ведет к появлению транзакционных издержек.

Транзакционные издержки играют значительную роль в развитии и управлении предприятием в современных условиях. В чистом виде транзакционные издержки в структуре себестоимости увидеть невозможно – современные формы представления информации не позволяют этого сделать, однако они отражают наиболее очевидное свойство институциональной системы, которая выступает основой ограничений для обмена. Они представляются затратами и поэтому поддаются измерению.

Задача оптимизации величины транзакционных издержек актуальна и ее решение лежит в поле управления затратами с применением процессного подхода в менеджменте, а как следствие – с трансформацией организационной структуры. [1]

Решение данной задачи будет состоять из трех этапов:

1. Выявление транзакционных издержек в статьях затрат предприятия.
2. Оптимизация процесса регулирования энергопредприятий с использованием процессного подхода в менеджменте
3. Построение матричной модели управления транзакционными издержками с применением платежных матриц.

При реализации предлагаемого подхода экономия достигается за счет параллельной реализации процессов у регулятора и регулируемой организации. В целом система начинает работать дешевле.

Результатом исследования будет являться стратегия, которая в наибольшей мере будет способствовать достижению цели, а именно, при которой регулятор и регулируемая организация будут нести наименьшие финансовые и временные потери, что должно обеспечить снижение темпов роста уровня цен для конечного потребителя.

Литература

1. **Е. И. Рукина, Д. Г. Шувалова** «Разработка модели баланса интересов регулятора и энергетических компаний на основе примера минимизации транзакционных издержек» // Экономика и управление народным хозяйством. 2018г.

Ю.З.Шайхрамова, студ.; рук. Г.Н. Бутов, к.э.н., доц. (КФУ, Казань)

РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СЕКТОР ПОД ВЛИЯНИЕМ САНКЦИЙ

Актуальность рассматриваемой темы очень высока в связи с введением западных санкций против энергетического сектора России и необходимостью оценки воздействия этих санкций на экономику страны.

Санкции были направлены на ограничение доступа энергетического сектора РФ к оборудованию и технологиям для разведки и добычи полезных ископаемых. В частности, это касается разведки нефти и газа на глубоководных участках (глубиной более 150 м) и в акватории Северного Полярного круга. Кроме того, санкции остановили совместные проекты по добыче нефти в сланцевых пластах с использованием гидроразрыва пласта, а также привели к ограничению иностранных инвестиций, которое не только остановило реализацию инфраструктурных энергетических проектов, но и поставило под угрозу будущие инвестиции[2].

В результате Россия повернулась к Азиатским рынкам. В 2014 году "Газпром" и китайская национальная нефтегазовая корпорация подписали крупную сделку газопровода. С 2019 года первые потоки российского природного газа будут перекачиваться в Китай по новому трубопроводу "сила Сибири"[1]. Российские компании, оказавшись без западных инвестиций, стали искать потенциальных азиатских инвесторов. Среди наиболее заметных сделок - соглашение между "Роснефтью" и индийской ONGC о продаже 15% доли в дочерней компании "Банкорнефти" наряду с соглашением между "Роснефтью" и консорциумом индийских фирм о продаже 29,9% доли в Среднеботуобинском газовом месторождении [3].

В результате наших исследований мы пришли к выводу, что санкции отрицательно воздействуют на РФ. В краткосрочной перспективе сильнее всего они скажутся на отдельных технологических проектах, особенно в области нефтедобычи. В долгосрочной перспективе эффект санкций может быть куда значительнее, так как серьезно сократились возможности для привлечения дешевых инвестиций, а компании практически оказались отрезанными от новых технологий, которые невозможно в короткий срок заместить китайскими или отечественными разработками.

Литература

1. **Быкова А. В.** Влияние секторальных санкций на состояние экономики РФ// Инновационная экономика: материалы IV Междунар. науч. конф. – Казань: Бук, 2017. – С. 39 - 41.
2. **Нуреева Р.М.** Экономические санкции против России: ожидания и реальность. М: КНОРУС, 2017. – 194 с.
3. **Сергеева О. Ю.** Экономические последствия санкций для российской экономики// Вопросы экономики и управления. – 2017. – №1. – С. 134-137

Секция 30
МЕНЕДЖМЕНТ В ЭНЕРГЕТИКЕ
И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Руководитель секции: Кетоева Наталья Леонидовна
Секретарь секции: Гулиева Сима Агиль кызы

*О.С.Емелина, студ.; рук. М.А.Киселева, ст.преп.
(НИУ «МЭИ»)*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ СОЦИАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ НАСЕЛЕНИЯ

Одной из причин, низкого уровня жизни населения, является недостаточная информированность о действующих в городе пособиях, программах и льготах. Это связано с тем, что население, не зная о своих возможностях, тратят деньги на то, что могут получить бесплатно. По данным «Росстат»[1] с каждым годом численность людей с денежным доходом ниже величины прожиточного минимума растет. Этот показатель в 2018 г. увеличился с 19,3 до 20,8 млн.чел. по сравнению с 2017 годом.

Например, социальная поддержка в связи с беременностью, родами и уходом за ребенком, предоставление льготным категориям граждан бесплатного проезда к месту лечения и обратно, выдача путевок, большинство людей никогда не слышали о данных услугах. Было проведено анкетирование среди студентов с целью выявления степени информированности о мерах социальной поддержки населения. В опросе приняло участие 20 респондентов. Результаты, представленные на рисунке 1, показали, что большинство опрошенных слабо информированы – 51,3 %.

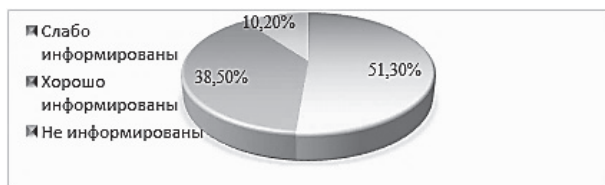


Рис. 1. Информированность респондентов о мерах государственной поддержки

В связи с полученными данными, необходима разработка мероприятий по повышению уровня осведомлённости и грамотности граждан в области социальной поддержки. Основным решением данной проблемы может выступать создание новой системы информирования граждан, а именно проведение лекций в каждой школе. Где первая лекция будет проводиться для родителей (дети, которых поступили только в первый класс), а вторая лекция для детей, учащихся в 11 классах. В лекциях будет изложено о действующих мерах социальной поддержки, которыми граждане смогли бы воспользоваться.

Таким образом, ожидаемым социальным эффектом предложенного мероприятия будет повышение уровня осведомлённости населения в области социальной поддержки.

Литература

1. Федеральная служба государственной статистики <http://www.gks.ru>

Д.В.Якунин, студ.; рук. Н.Ф.Солдатова,к.э.н.,доц.(НИУ «МЭИ»)

ВНЕДРЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГА В МАРКЕТИНГОВУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ВУЗА

Актуальность данной работы выражает стремительное развитие Интернет-технологий в 10-х годах XXI века и связанный с этим значительный рост Интернет-пользователей, что, в свою очередь, определяют вектор развития маркетинговой деятельности во всем мире всех хозяйствующих субъектов, таких как торговые предприятия, производства, муниципалитеты и даже высшие учебные заведения.

Автором данного тезиса было предложено внедрить инструменты Интернет-маркетинга в маркетинговую стратегию ВУЗа с целью повышения конкурентоспособности и достижения стратегических целей. В качестве основных инструментов выделяют сайт, медиа рекламу, баннеры, текстовую рекламу, контекстную рекламу и видеоролики[1].Для этого автором была разработана классификация веб-сервисов Интернет-маркетинга со способами привлечения целевой аудитории, то есть абитуриентов, в высшее учебное заведение, представленная в таблице 1.

Таблица 1. Классификация типов веб-сервисов и способов привлечения

Тип веб-сервисов	Способы привлечения целевой аудитории
Поисковые системы (Google, Yandex)	Настройка контекстной рекламы, а так же использование механизма SEO-продвижения
Партнерские сети поисковых систем (Google, Yandex)	Настройка рекламных объявлений в партнерской сети
Тематические порталы	Непосредственное налаживание связей с администрацией данных ресурсов и последующее размещение рекламных баннеров, либо скрытых упоминаний, либо создание спешпроектв.
Социальные сети(VK, Facebook, Twitter, Instagram)	Размещение ссылок на сайт в социальных сетях, тематических сообществах, блогах, использование рекламы в социальных сетях, общение с аудиторией, анализ аудитории
Электронная почта	Е-mail маркетинг: Индивидуальные письма и рассылки по спискам
Веб-сайт самого ВУЗа	Предоставление полной информации об университете и его институтах, образовательных программах и преимуществах.

При рациональном использовании данных веб-сервисов предполагается повышение конкурентоспособности и в связи с повышением числа абитуриентов.

Литература

1. **Вихляева И.С.** Разработка комплекса маркетинговых коммуникаций в сфере высшего профессионального образования: дис. ... канд. Экон. Наук / И.С. Вихляева. –М., 2017. – 110 с. 1.

Д.В. Якунин, студ.;рук. Н.Ф.Солдатова, к.э.н., доц.(НИУ «МЭИ»)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАРКЕТИНГОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

В современных рыночных условиях конкуренция во всех сферах экономики только усиливается. Одним из ключевых факторов современной организации в борьбе за потребителя может стать маркетинговая деятельность в сети Интернет. Технологии маркетинга в сети Интернет позволяют разрешить огромное количество коммуникационных процессов, повысить узнаваемость бренда учебного заведения, сформировать нем положительный имидж. Управление маркетингом в сети.

Интернет происходит в следующем виде, представленном на рисунке 1: Контекстная реклама и SEO используются для повышения посещаемости сайта и продвижения продукта, электронная почта служит инструментом повышения лояльности к продукту, медийная реклама выполняет функцию повышения посещаемость веб-сайта, продвижения продукта и повышения имиджа. SMM предполагает повышение лояльности и посещаемости сайта, продвижение продукта.



Рис.1. Взаимосвязь инструментов маркетинга и результата их применения

Литература

1.Успенский И.В. Интернет-маркетинг / И.В. Успенский .СПбГУЭи, СПб, 2015. – 202 с.

Ю.О. Резакова, студ.; рук. Н.Ф.Солдатова,к.э.н.,доц.(НИУ «МЭИ»)

ФОРМИРОВАНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ РЕПУТАЦИОННЫХ РИСКОВ КАК ЭЛЕМЕНТ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РЕПУТАЦИЕЙ ВУЗА

В современных рыночных условиях усиливается конкуренция в различных сферах экономики, при этом рынок образовательных услуг не является исключением[1].Выбор ВУЗа абитуриентами обусловлен целым рядом факторов, среди которых важное место занимает репутация. Данный аспект диктует необходимость управления репутацией ВУЗа. Чтобы управлять репутацией, необходимо управлять возможными рисками и не допускать их реализации. Процесс управления рисками предполагает их комплексное изучение. Для эффективного управления необходимо разработать классификацию репутационных рисков и связанных с ними рискообразующих факторов.

В ходе исследования была предложена классификация репутационных рисков высшего учебного заведения, представленная на рисунке 1 и проведен опрос экспертов, в результате которого были выделены основные рискообразующие факторы. Изучение и учет репутационных рисков и рискообразующих факторов являются неотъемлемыми элементами стратегического развития и реализации миссии ВУЗа.



Рис.1. Репутационные риски ВУЗа

Литература

1. **Пецольдт К., Воробьева И. В., Иноземцева Е. С.** Репутация преподавателя и ее роль в повышении конкурентоспособности вуза на мировом рынке образовательных услуг//Проблемы современной экономики, 2010

Ю.О. Резакова, студ.; рук. Н.Ф.Солдатова,к.э.н.,доц.(НИУ «МЭИ»)

ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ПО ОЦЕНКЕ РЕПУТАЦИОННЫХ РИСКОВ ВУЗА

В современных рыночных условиях одним из ключевых инструментов организации в борьбе за целевую аудиторию может стать репутация [1]. Отличная репутация ВУЗа являет собой гарант того, что студенты получают качественное образование, преподавательский состав высококвалифицированный, а специализация, полученная в стенах ВУЗа, востребована на рынке труда. Управление деловой репутацией неразрывно связано с оценкой и нивелированием репутационных рисков. Процесс управления репутационными рисками представляет собой следующие этапы: 1.Идентификация риска; 2.Оценка риска; 3.Анализ риска; 4.Разработка рекомендаций по нивелированию рисков.

Идентификация рисков проходит по балльно-рейтинговым показателям. Оценка риска осуществляется экспертами с помощью разработанной репутационной матрицы. Результаты оценки служат для дальнейшего расчета параметрического индекса и построения репутационного профиля, представленного на рис 1. Основаниями репутационного профиля являются выделенные элементы репутации ВУЗа. На основе анализа репутационного профиля делается вывод о том, факторы какой группы репутационных рисков могут нанести значительный вред деловой репутации ВУЗа. Крайним этапом управления репутацией ВУЗа является разработка стратегии по нивелированию репутационных рисков.

Репутационный профиль ВУЗа

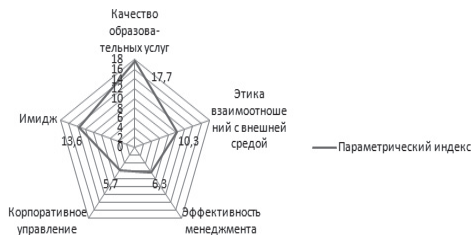


Рис. 1. Репутационный профиль ВУЗа

Литература

1. **Заман А.** Репутационный риск. Управление в целях создания стоимости. – М: Олимп-Бизнес, 2008

*Киселева М. А., асп., рук. Н. Л. Кетова, к.э.н., доц.
(НИУ "МЭИ")*

МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СУБЪЕКТОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ И УЧЕБНО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОВРЕМЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Согласно Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 года [1], переход экономики на инновационный тип развития невозможен без формирования национальной инновационной системы, ключевым фактором успешного функционирования которой является эффективная система воспроизводства конкурентоспособных кадров. Этот приоритет смогут обеспечить современные технические университеты (СТУ).

Целью исследования является разработка модели взаимодействия субъектов научно-исследовательской, образовательной и учебно-познавательной деятельности СТУ. Для достижения поставленной цели, были использованы следующие методы исследования: библиографический анализ литературы и системный анализ.

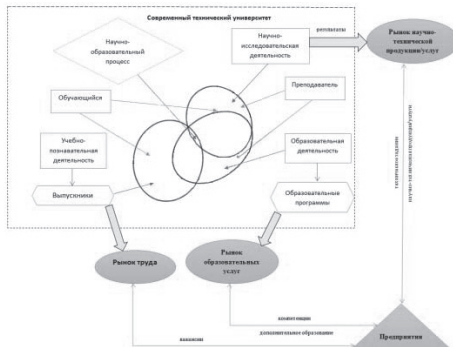


Рис.1 Модель взаимодействия СТУ с рынками

предприятиями-партнерами, построим модель их сотрудничества (рис. 1).

Таким образом, разработанная модель наглядно показывает, какие виды деятельности СТУ ориентированы на соответствующие виды рынков и какой обмен данными происходит между ними и предприятиями-партнерами.

Литература

1. Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года

Реализуя основные виды своей деятельности, СТУ взаимодействует с потребителями своих услуг и продукции одновременно на трех видах рынков (рынке образовательных услуг, рынке труда и рынке научно-технической продукции и услуг). Чтобы проследить весь процесс взаимодействия СТУ с ними, а также выделить взаимосвязь с

А.С. Марьясов, студ.; рук. А.В. Уланова, асс. (НИУ «МЭИ»)
**УЛУЧШЕНИЕ СМК ПАО «КАМАЗ» ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ
СТРАТЕГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Система менеджмента качества (СМК) – это новый стиль управления предприятием, при котором руководители, инженерно-технические работники и рабочие стремятся к улучшению качества продукции и к улучшению самой системы управления предприятием.

Актуальность развития подтверждается в опубликованном обращении Председателя Правления «Программы стратегического развития ПАО «КАМАЗ» на период до 2025 года». Причины обновления стратегии: произошедшие существенные макро-экономические изменения, трансформация спроса на грузовые автомобили в России и странах СНГ, ужесточение конкуренции на внешних рынках на фоне избытка производственных мощностей, значительно возросшая стоимость финансовых ресурсов.

«Программа» ставит перед КАМАЗом амбициозные, но достижимые цели. Для достижения целевого позиционирования КАМАЗу необходимо решить ряд стратегических задач, в том числе повышение конкурентоспособности по характеристикам и себестоимости продуктовой линейки.

Важнейшими направлениями реализации стратегии будут:

- улучшение работы СМК,
- совершенствование системы СМК по показателям, видимым для клиента на всем жизненном цикле продукта,
- достижение показателей качества автотехники КАМАЗ, сопоставимых с европейскими производителями,
- достижение уровня удовлетворенности потребителей свыше 90 %.

Эти мероприятия подтверждают реализацию стандарта ГОСТ Р ИСО 9000-2015 п. 2.3.1.1 Формулировка. «Менеджмент качества нацелен на выполнение требований потребителей и на стремление превзойти их ожидания» и стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015 п. 6.2.1 «Организация должна установить цели в области качества для соответствующих функций, уровней, а также процессов, необходимых для системы менеджмента качества. Цели в области качества должны быть:

- a) согласованными с политикой в области качества;
- b) измеримыми;
- c) связанными с обеспечением соответствия продукции и услуг и повышением удовлетворенности потребителей».

Литература

1. **ГОСТ Р ИСО 9000-2015.** Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
2. **ГОСТ Р ИСО 9001-2015.** Системы менеджмента качества. Требования.
3. **Программа стратегического развития ПАО «КАМАЗ» на период до 2025 года** / Электронный ресурс. <https://kamaz.ru>.

В.А. Рыбакова, студ.; рук. Н.Л. Кетоева, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СЛУЖАЩИХ (НА ПРИМЕРЕ КОМИТЕТА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ДУМЫ ПО ОБРАЗОВАНИЮ И НАУКЕ)

Современный мир характеризуется стремительными переменами социально-экономических условий, которые определяют новые цели и задачи для государственных органов власти. Для осуществления качественного и эффективного государственного управления крайне необходимо, чтобы труд государственных служащих и методы его осуществления шли в ногу со временем и отвечали соответствующим требованиям государственной службы. Именно поэтому так важно предупредить несоответствие и неэффективность оценки их профессиональной деятельности [1].

На основе документа «Методический инструментарий по внедрению системы комплексной оценки профессиональной служебной деятельности государственных служащих» (учрежден в 2013 году и актуален по сей день), были поставлены и решены следующие задачи работы: проведен анализ каждого этапа оценки и его степени результативности; выявлены несовершенства в методологии оценки деятельности государственных служащих; разработаны соответствующие рекомендации, направленные на повышение эффективности данной оценки [2].

В качестве основного мероприятия по совершенствованию оценки профессиональной деятельности государственных служащих Государственной Думы представлен процесс создания единой отлаженной системы комплексной оценки, которая в перспективе своего учреждения гарантирует получение наиболее точных результатов оценки работы государственного служащего и как итог - способствует формированию эффективного кадрового состава государственной службы.

Литература

1. **Андреева Д.А.** Оценка эффективности деятельности государственных гражданских служащих: автореф. дисс. канд. экон. наук. СПб, 2017. 19 с.
2. **Методический инструментарий по внедрению системы комплексной оценки профессиональной служебной деятельности государственных гражданских служащих** (включая общественную оценку). 2018 [Электронный ресурс]// URL: <https://rosmintrud.ru/programms/gossluzhba/16/4/0> (дата обращения 05.12.2018).

*Бакотина О. М., студ., рук. Н. Л. Кетоева, к.э.н, доц.
(НИУ «МЭИ»)*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЦЕНКИ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ПРИМЕРЕ «УПРАВЛЕНИЕ ФИНАНСОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РФ»

Кадровый потенциал представляет собой интеграцию знаний, умений, навыков, т.е. компетенций работников на уровне организации, накопленных в результате общего и специального образования, а также профессионального опыта. Очень важным является управление кадровым потенциалом, которое способствует упорядочению, сохранению качественного совершенствования и оптимальному развитию кадров [1].

В отечественной и зарубежной литературе в последние годы широко используются такие понятия как «кадры» и «персонал». Так, под кадрами понимается основной состав работников предприятия. Данная категория характеризует не качество отдельного взятого индивида, а совокупность работников, объединенных в коллектив для совместного достижения общих целей организации.

Была проведена оценка кадрового потенциала гражданских служащих Министерства обороны [2].

Уровень квалификационного потенциала гражданских служащих Министерства обороны рассчитывается как сумма коэффициента качества обучения, дисциплины и стабильности. В 2018 году уровень квалификационного потенциала составил 4.41.

Предложено мероприятие по повышению квалификации в одном из филиалов Министерства обороны - Управление финансового обеспечения Министерства обороны РФ. На основе данных расчета следует, что реализация мероприятия по повышению квалификации принесет доход в размере 10522,56 руб.

Таким образом, в Министерстве обороны Российской Федерации создается современная государственная гражданская служба – оптимальная по численности, профессиональная по составу, эффективная по результатам деятельности.

Литература

1. **Егоршин А. П.** Управление персоналом: Учебник для вузов. - 4-е изд., испр. - Н.Новгород: НИМБ. - 730 с. 2015
2. **Копкин С.М.** Методологические аспекты оценки эффективности использования кадрового потенциала. Актуальные проблемы современной науки. / С. М. Копкин, Л. П. Касаткина - 2016. - №1. с. 43-46

Р.В. Сабитова, студ.; О.В. Колесникова, доц., к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА МАРКЕТИНГОВЫХ
 КОММУНИКАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ООО «ДЕ ВИЛЬ»**

Комплекс коммуникаций создает процесс продвижения продукции от производителя до конечного потребителя[1].

Поскольку на сегодня рекламные мероприятия составляют наибольшую часть затрат, то наилучшей будет оптимизация рекламы и стимулирования сбыта.

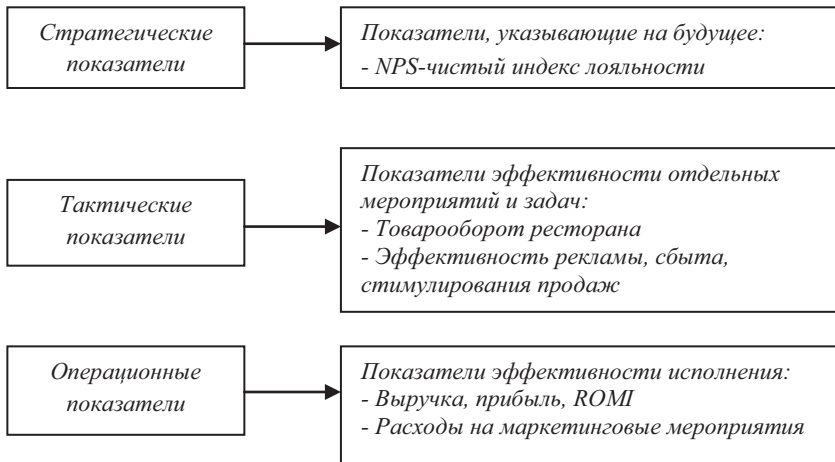


Рис. 1. Исследованные показатели

Для повышения эффективности деятельности ресторана предлагаются мероприятия, которые помогут укрепить концепцию маркетинга в ресторане и сделают маркетинговую работу более результативной, а именно проведение работы по созданию Интернет-доставки ресторана, а также мероприятия по стимулированию сбыта в виде скидок для посетителей, приведших свои семьи.

Литература

1. **Егоршин А.П.** Маркетинг организации. - СПб: Питер, 2015. - 350 с.

Е.К. Одинокова, студ.; рук. В.А. Епифанов, д.э.н. проф.(НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ МАРКЕТИНГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ (НА ПРИМЕРЕ ООО «РЕ-ТРЕЙДИНГ»)

Маркетинговая деятельность представляет собой комплекс мероприятий, ставящих целью исследование таких вопросов, как изучение потребителя исследование мотивов его поведения на рынке анализ собственно рынка предприятия исследование продукта изделия или вида услуг анализ форм и каналов сбыта анализ объема товарооборота предприятия изучение конкурентов, определение форм и уровня конкуренции исследование рекламной деятельности определение наиболее эффективных способов продвижения товаров на рынке изучение ниши рынка [1].

Маркетинговая стратегия продаж/рынка позволяет компании стать лидером в своем сегменте, упрочить свои позиции на рынке, значительно увеличить объем продаж, повышать спрос на свою продукцию, выводить на рынок новые товары и расширять географию продаж.

Под маркетинговыми коммуникациями понимается процесс обмена информацией, посредством которого идея о товаре, услуге, бренде или организации доносится по определенному каналу до целевой аудитории с целью влияния на ее отношение или поведение [2].

Маркетинговые коммуникации позволяют осуществить передачу сообщений потребителям с целью сделать товары и услуги компаний привлекательными для целевой аудитории.

При проведении маркетинговых исследований руководство компании получает необходимую информацию о том, какие изделия и почему хотят покупать потребители, о ценах, которые потребители готовы заплатить, о том, в каких регионах спрос на данные изделия, т.е. емкость рынка, наиболее высокий, где сбыт продукции компании может принести наибольшую прибыль [3].

Литература

1. **В. Попков, Е. Евстафьева.** «Организация предпринимательской деятельности. Схемы и таблицы: Учебное пособие.»
2. **А.Худоногов.** «Современная система маркетинговых коммуникаций и структурная взаимосвязь ее элементов.»
3. **Т. Алесинская, А. Проклин.** Учебное пособие «Маркетинг: основы маркетинга, маркетинговые исследования, управления маркетингом, маркетинговые коммуникации.»

Ж.М. Рахимова, студ.; рук. Е.В. Суворова, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИИ

В современном мире большое значение имеют мотивационные аспекты. Правильная мотивация персонала является одним из ключевых факторов для успешного существования организации.

Мотивация – это совокупность 2 - она должна порождать в внутренних и внешних сил, которые 3 - она должна быть понятна, побуждают индивида к деятельности, и придают этой деятельности направленность, ориентированную на достижение определенных целей [1].

Каждый человек - это личность, которая имеет индивидуальные потребности, которые не всегда базируются на деньгах.

Руководитель должен подойти к системе мотивации персонала. Для мотивации руководители используют материальные и нематериальные методы.

Эффективность тех или иных методов мотивации в практической деятельности во многом зависит руководителя.

При формировании системы мотивации важно учитывать следующие критерии мотивации:

1 - она должна опираться на цели компании и ее стратегию;

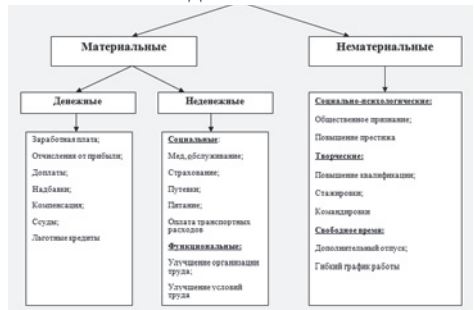


Рис.1. Материальная и нематериальная мотивация персонала

Литература

1. **Виханский О.С.**, Менеджмент. Учебник / О.С. Виханский, А.И. Наумов.

– М.: Высшая школа, 2013. – с. 260

А.И. Самылов, студ.; рук. В.В. Жуков, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ ООО «ГАЗПРОМ ПХГ» «ИТЦ»

Система менеджмента качества, сформированная на предприятии, как и любой другой бизнес-процесс, включает в себя определенные методы реализации, которые в балансе использования формируют методологию организации системы менеджмента качества [1]. В этой связи актуальной проблемой является постоянное совершенствование СМК.

Система качества услуг ООО «Газпром ПХГ» «ИТЦ» сформирована в рамках бизнес-модели предприятия. Бизнес-модель предприятия, с одной стороны, описывает ценность, которую ООО «Газпром ПХГ» «ИТЦ» предлагает клиентам, с другой, отражает организацию внутренних бизнес-процессов.

Предприятие ООО «Газпром ПХГ» «ИТЦ» ориентировано на повышение конкурентных позиций на рынке услуг газоснабжения на средние и долгосрочную перспективу, а также на наращивание прибыли и повышение оборота услуг за счет удержания постоянных и привлечения новых клиентов [2]. В рамках предложений по совершенствованию системы менеджмента качества предложено реализовать проект: «Создание на предприятии ООО «Газпром ПХГ» «ИТЦ» усовершенствованной системы менеджмента качества».

В целях совершенствования системы менеджмента качества ООО «Газпром ПХГ» «ИТЦ» также предложено реализовать следующие мероприятия по управлению качеством:

- разработать политику в области качества с ориентацией на совершенствование технологии управления процессами повышения качества услуг и взаимоотношений с клиентами;
- разработать матрицу качества с включением критериев ИТ систем в производстве филиала «ИТЦ» в увязке с обновлением электронного документооборота DFS Card Generator;
- внедрить новую штатную должность - контролера.

В работе рассчитаны затраты и эффективность рекомендаций по усовершенствованию СМК.

Литература

1. Глазунов А.В. Качество в эпоху скитаний «новой» российской экономики // Методы менеджмента качества. – 2017.
2. **Официальный сайт ООО «Газпром ПХГ» «ИТЦ»** [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://ugs.gazprom.ru/>.

П.Н. Кулешов, студ.; рук. М.Н. Мызникова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Под системой менеджмента качества подразумевается элемент системы менеджмента организации, направленный на достижение поставленных целей в области качества, удовлетворение потребности, ожидания и требований заинтересованных сторон [1, с. 38].

Сущность менеджмента качества заключается, прежде всего, в выстраивании, посредством соответствующих методов и инструментов, эффективных социальных взаимодействий как внутри организации, так и организации с внешней средой, основной целью которых является удовлетворение возрастающих потребностей общества [2, с. 8].

В процессе исследования действующей СМК на предприятии были выявлены существующие проблемы мониторинга СМК. В качестве инструмента анализа применен метод из числа семи простых методов оценки качества – диаграмма Исикавы. С помощью диаграммы была обозначена главная проблема – снижение качества выпускаемой продукции и выделены четыре категории ей предшествующие: человек, машины, материалы, методы.

По полученным результатам анализа нами предложены следующие мероприятия по совершенствованию СМК:

1. Повышение эффективности системы менеджмента качества посредством обучения персонала.
2. Повышение мотивации у персонала и способствование вовлеченности в рабочий процесс.
3. Модернизация оборудования и контроль над инструментооборотом.

Эффективность предложенных мероприятий обеспечивается следующими составляющими экономического эффекта: снижение процента дефектных изделий на 1,87% и убытка от дефектации на 748 500 рублей.

Литература

1. **Сергеев А.Г.** Менеджмент и сертификация качества охраны труда на предприятии: Учебное пособие/ А.Г. Сергеев, Е.А. Баландина, В.В. Баландина. – М.: Логос, 2013. – 216 с.
2. **Дремина М.А.,** Копнов В.А., Станкин А.А. Проектный подход к разработке и внедрению систем менеджмента качества: Монография. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 304 с.

Д.Ю. Ильин, студ.; рук. Мызникова М.Н., к.э.н. доц. (НИУ «МЭИ»)

СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Система обеспечения качества – это совокупность организационных, предупреждающих, технологических и корректирующих мер, направленных на получение требуемого уровня потребительских свойств конечного изделия [2].

Сущность обеспечения качества раскрывается в ее функциях. Основными функциями являются: планирование, координация деятельности подразделений, контроль выполнения планов по качеству, анализ брака, учет дефектов и случаев снижения качества продукции [1].

Для мониторинга качества на предприятиях принято использовать систему показателей. Показатели качества – это количественное выражение одного или нескольких характеристик или свойств объекта применительно к определенным условиям его создания и эксплуатации [2].

Совершенствование системы обеспечения качества продукции на предприятии может осуществляться в результате модернизации действующего оборудования и перехода на станки с ЧПУ (числовым программным управлением), а так же применения современных автоматизированных КИМ (контрольно-измерительных машин). Данные мероприятия влияют на процесс производства, в результате чего наблюдается экономия сырья и комплектующих, уменьшается брак выпускаемой продукции. Модернизация оборудования повлечет за собой создание нового технологического и производственного процессов. Чтобы работать в новых условиях, предприятию необходимо создать новые СТО (стандарты организации) процесса производства и операционного контроля. Для контроля качества следует разработать нормативные показатели качества и совершенствовать должностные инструкции персонала ОТК (Отдела технического контроля). Эффективность совершенствования СМК определяется сокращением нормо-часов и снижением брака продукции.

Литература

1. **Государственный стандарт** РФ ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования».
2. **Азарова В.Н.** Управление качеством: Том 1. Основы обеспечения качества. - М.: МГИЭМ, 2016.
3. **Ефимов В.В.** Средства и методы управления качеством: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2015.

*Р.С. Садилин, студ.; рук. М.А. Булатенко, к.э.н., ст. преп.
(НИУ «МЭИ»)*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ СМК (НА ПРИМЕРЕ ПАО «МОЭСК»)

В условиях жесткой конкурентной борьбы и быстро меняющейся ситуации как на внешнем, так и на внутреннем уровне, предприятия должны не только концентрировать внимание на данном состоянии дел, но и постоянно совершенствовать стратегию поведения, которая позволяла бы им поспевать за изменениями, происходящими в их окружении.

Для этого можно воспользоваться принципами СМК (Система менеджмента качества — совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов для разработки политики и целей, и достижения этих целей, для руководства и управления организацией применительно к качеству) [1].

В начала нам необходимо проанализировать рассматриваемое нами предприятие:

1. Исследованность внешнюю и внутреннюю среду организации;
2. Произвести оценку ресурсов и капитала;
3. Изучить текущую стратегию предприятия и выявить, если есть, несоответствия принципам СМК.

В предприятии ПАО «МОЭСК» выявлено несоответствие. В текущей версии стратегии развития [2] стратегический приоритет «развитие дополнительных услуг» не соответствует принципу «улучшение».

Исходя из проведенного анализа, ПАО «МОЭСК» предлагается новое стратегическое мероприятие в виде диверсификации пакета предоставляемых услуг, а конкретно в добавлении услуги «Замена люминесцентных ламп с цоколем G13 на светодиодные лампы с цоколем G13» как стратегическое мероприятие. Данная рекомендация была обоснована и проведен необходимый расчет экономической эффективности (формула 1). Из расчета стало ясно что данное стратегическое мероприятие экономически выгодно для ПАО «МОЭСК».

$$Эг = \frac{TR_p}{\sum P} = \frac{500}{383,5} = 1,30 = 130\%, \quad (1)$$

где: Эг – показатель эффективности от проведения услуги на предприятии ГОХРАН.

TR_p – средства на реализацию «услуги по замене».

∑ P – общие затраты на проведение «услуги по замене».

Литература

1. **ГОСТ Р ИСО 9001-2015.** Системы менеджмента качества. Требования.
2. **Годовой отчет** ПАО «МОЭСК» за 2017 год.

Л.С. Малькова, студ.; Н.Ф. Солдатова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕКЛАМНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
 НА РЫНКЕ ТОВАРОВ И УСЛУГ**

Основной целью рыночного маркетинга является обеспечение максимального сбыта произведенной продукции (услуги), и реклама является одним из инструментов для этого. Так же как и любой другой элемент маркетинга, она работает на формирование и поддержание спроса и стимулирование сбыта [2].

Реклама - информация, распространенная любым способом, в любой форме и с использованием любых средств, адресованная неопределенному кругу лиц и направленная на привлечение внимания к объекту рекламирования, формирование или поддержание интереса к нему и его продвижение на рынке [1].

Для оценки экономической эффективности используются следующие показатели:

NPV - один из показателей эффективности проекта, наряду с IRR, простым и дисконтированным сроком окупаемости:

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

где CF - сумма чистого денежного потока в период времени (месяц, квартал, год и т.д.); t - период времени, за который берется чистый денежный поток; N - количество периодов, за который рассчитывается инвестиционный проект; i - ставка дисконтирования, принятая в расчет в этом проекте.

ROI (Return on investment) - это коэффициент, который характеризует доходность инвестиционной деятельности компании [3].

$$ROI = \frac{\text{Прибыль от продаж} - \text{Издержки}}{\text{Сумма инвестиций}} * 100\% \quad (2)$$

Степень действенности рекламного средства определяют по формуле

$$K = \frac{ЧК}{ЧП} \quad (3)$$

где ЧК - число контактов со всеми клиентами; ЧП - число клиентов, которых реклама побудила к покупке.

Литература

1. **Мазилкина Е.И.** Основы рекламы: Учебное пособие / Е.И. Мазилкина. - М.: Дашков и К, 2016. - 286 с.
2. **Федеральный закон** от 13.03.2006 N 38-ФЗ "О рекламе"
3. **Дэвид Кривенс:** «Стратегический маркетинг» - Под редакцией А. Г. Гришко. 2017г. 513с.

*Р.И. Тимошков, студ.; рук. Н.Ф. Солдатова, к.э.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ: ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ АСПЕКТ

В настоящее время в Российской Федерации возрастают экономические требования к решению вопросов обеспечения энергобезопасности страны и регионов, при этом особую актуальность приобретают задачи оптимального функционирования систем теплоснабжения, что нашло свое подтверждение в новой Доктрине энергобезопасности России, представленной 29 ноября 2018г. в Москве на Совете Безопасности Российской Федерации[1].

Цель функционирования системы управления теплоснабжением - обеспечение качественного и устойчивого теплоснабжения за оптимальную цену [2]. Каждая система управления существует в пределах некоторых ограничений, накладываемых, как правило, регулируемыми, надзорными органами или потребителями. В управлении теплоснабжением на первый план выходят ограничения по качеству теплоснабжения, экологическим параметрам, обеспечении безопасности труда, ценовые ограничения. К проблемным вопросам управления теплоснабжением территории относятся вопросы эффективности взаимодействия с бытовым потребителем, обеспечения безопасности теплоснабжения, не высокий уровень безопасности оборудования и пр. Проблемные зоны в управлении теплоснабжением можно рассматривать в двух аспектах: формируемые внешней средой и внутренней (рисунок 1).



Рис. 1. Проблемы управления теплоснабжением

Как показывает практика, если бы теплоснабжающие организации контролировали все процессы, то многие проблемы попросту не возникли бы. Несмотря на то, что проблемы, заявленные в тезисах, были рассмотрены поверхностно, подобный аспект позволяет акцентировать внимание на том, что такие вопросы стоит поднимать.

Литература

1. **Доктрина энергобезопасности России:** minenergo.gov.ru.
2. **ФЗ-190** от 27.07.2010г. «О теплоснабжении».

О.С. Лукина, студ., рук. Н.Л. Кетова, к.э.н, доц. (НИУ «МЭИ»)
**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЕМ
ОБЩЕСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ
МУНИЦИПАЛЬНОГО ОРГАНА ВЛАСТИ «НА ПРИМЕРЕ
ПОСЕЛЕНИЕ ДЕСЁНОВСКОЕ»**

Общественная безопасность представляет собой определенную совокупность общественных отношений, регулирующих безопасные условия жизни общества.

Главными направлениями обеспечения общественной безопасности являются усиление роли государства в качестве гаранта безопасности личности и прав собственности, предупреждения преступности, терроризма и экстремизма, распространения наркотиков борьбы с такими явлениями и защита населения от чрезвычайных ситуаций и пожаров [1].

Была проведена оценка управления общественной безопасности поселение Десёновское[2].

Для оценки были взяты опросы населения об эффективности принимаемых мер органами местного самоуправления по обеспечению общественной безопасности. Во II полугодие 2017 года было опрошено 165 респондентов, которое составляет 0,83% от всего населения поселения Десёновское, которое составляет 19954 человека.

По данным опросам было составлены сведения об удовлетворенности граждан действиями, принимаемыми органами местного самоуправления, узнали взгляды жителей на состояние общественной безопасности в поселение и желаемые для принятия действия по повышению общественного порядка.

Проанализировав общественную безопасность на территории поселение Десёновское, действия, принимаемые органами местного самоуправления по обеспечению общественной безопасности и удовлетворенности жителей поселения, было предложено улучшить привлечение населения, как и в общественные организации правоохранительной направленности так и к участию в самоуправлении своего поселка в качестве советников главы администрации.

Литература

1. **Борзенков Г.Н., Комиссаров В.С.** Курс уголовного права. Особенная часть. Том 5.
2. **Указ Президента РФ** от 28.04.2008 N 607 (ред. от 04.11.2016) "Об оценке эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов".

Р.А. Рогачев, студ.; рук. Н.Ф. Солдатова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ АСПЕКТ УПРАВЛЕНИЯ САНИТАРНОЙ ОЧИСТКОЙ

В настоящее время проблемы санитарной очистки территорий сохраняют большую остроту и актуальность. Санитарная очистка предполагает комплексность и многоаспектность процесса управления на различных уровнях государственной и муниципальной власти, основным из которых является муниципальный уровень. Система управления санитарной очисткой территории должна рассматриваться в контексте систем и государственного, и муниципального управления, деятельность которых в настоящее время осуществляется в сложных условиях перманентных трансформаций, в т.ч. реформы муниципального управления, затрагивающих и экологическую сферу. Система управления санитарной очисткой территории диктует необходимость выделения главного элемента системы в составе субъекта управления, что обуславливается, правовой регламентацией полномочий в отношении функционирования данной системы управления.

Базисом данной системы управления является управление санитарной очистки территорий муниципальных образований. Государственная поддержка и стимулирование развития предпринимательства должно обеспечить стимулирование использования отходов и оптимизацию их негативного воздействия на окружающую среду.

Система очистки территории представляет собой комплекс сложных динамичных процессов, которые влияют на специфику других элементов системы управления санитарной очисткой.

Функционирование системы управления санитарной очисткой территории должно опираться на систему взаимоувязанных научных принципов. К числу таких принципов следует отнести: системность, комплексность, иерархичность, релевантность, устойчивость, инновационность, эффективность.

Эффективное управление санитарной очисткой требует формирования научно обоснованной системы управления сферой санитарной очистки в условиях современного механизма хозяйствования. Проблема удаления твердых бытовых отходов может быть эффективно решена только при активном участии местных властей и местного населения. Поскольку решение не сводится к выбору и приобретению «адекватной» технологии, а требует комплексного вмешательства во все - социальные и экономические аспекты проблемы, то участие властей не должно сводиться лишь к принятию «руководящих решений».

Литература

1.52-ФЗ "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" от 30.03.1999 (ред. от 03.07.2016).

*М. И. Непомнящий, студ.; рук. О. В. Колесникова к.э.н.,
доц.(НИУ «МЭИ»)*

ФОРМИРОВАНИЕ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ

Формирование и реализация конкурентных преимуществ является важной характеристикой, которая не останется без внимания потребителей. Компания стремится быть лучшей, конкурируя на рынке, и старается охватить большее число потребителей, используя для этого все имеющиеся у организации конкурентные преимущества[1].

Рекомендации по формированию конкурентных преимуществ рис. 1.

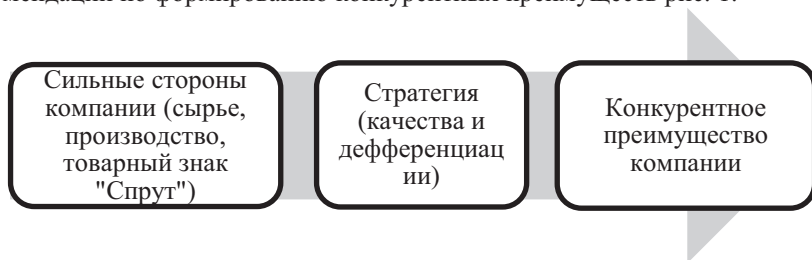


Рис. 1. Рекомендации, предлагаемые для создания конкурентных преимуществ ООО «Эталон-Спецодежда»

Сильные стороны компании - основа стратегии, которые формируют конкурентные преимущества (конкурентная продукция, патенты, технология, маркетинговые приемы, квалифицированный персонал)[2].

Литература

1. Азов Г. Л., Челенков А. П. «Конкурентные преимущества фирмы» - М.: «Финансы и статистика», 2013
2. Шихабахов Т. А. [и др.] / «Формирование стратегии как фактора повышения конкурентоспособности предприятия» // Экон. Науки. – 2016.

Е.В.Шишова, студ., рук. А.Г. Бадалова, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»

К ВОПРОСУ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ ПО СОХРАНЕНИЮ ПАМЯТНИКОВ ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЫ

Актуальность темы обусловлена тем, что специальных работ, посвящённых формированию полномочий органов местного самоуправления в отдельных сферах общественных отношений крайне недостаточно. Практически отсутствуют труды, в которых бы рассматривалась проблема правового регулирования их полномочий в такой области полномочий, как охрана памятников истории и культуры [1].

На современной стадии развития действующее законодательство РФ не позволяет в полной мере четко определить объем полномочий органов местного самоуправления в отношении объектов культурного наследия.

В тоже время попытки ряда авторов учебников и учебных пособий по местному самоуправлению, а также комментариев к Федеральному закону «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» интерпретировать положения законодательства, устанавливающие ответственность органов местного самоуправления в рассматриваемой сфере, нельзя назвать удачными.

Для решения данной проблематики в РФ нужна устойчивая система охраны памятников, которая должна базироваться на научно-обоснованной государственной политике, четких концептуальных основах, организационном и финансовом обеспечении.

Полномочия органов местного самоуправления в сфере культуры конкретизируются в программах культурного развития. В тоже время важен и интерес к памятникам со стороны инвесторов: вот уже третий год подряд половина объектов культурного наследия приводится в порядок за счет частных инвестиций. В реставрацию приходит молодежь, отрасль развивается, появляются новые технологии — словом, профессия становится более востребованной.

Литература

1. **Панфилов А.Н.** Правовые проблемы реализации органами местного самоуправления полномочий по охране и сохранению объектов культурного наследия местного (муниципального) значения. М., 2014. -№2. – С. 35- 43.

Е.Е. Глазкова, студ., рук. Н.Ф. Солдатова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

К ВОПРОСУ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА РЫНКЕ БАНКОВСКИХ УСЛУГ

Актуальность темы обусловлена тем, что маркетинговые исследования являются важной сферой экономических отношений и элементом системы управления банком, исследования служат основой разрабатываемой предприятием стратегии и тактики, маркетинговые исследования помогают организации работы с клиентурой.

Маркетинговые исследования - это совокупность процедур и методов сбора, анализа и интерпретации конъюнктурной информации для принятия управленческих решений [1].

Необходимость проведения маркетинговых исследований в банке обусловлена тем, что для принятия правильного решения по тому или иному вопросу деятельности банка, руководителю необходима определенная информация, получение и обработка которой связана с исследовательской деятельностью [2].

Основой банковского маркетинга, безусловно, являются комплексные маркетинговые исследования рынка банковских услуг, включающие как изучение самого банковского рынка и его конъюнктуры, так и оценку возможностей банка, строящего работу на принципах маркетинга. Такие маркетинговые исследования позволяют осуществить планирование, составить обоснованный, соответствующий результатам маркетинговых исследований прогноз развития рыночной ситуации и разработать соответствующие меры маркетингового воздействия на рынок с целью обеспечения эффективной работы банка [3].

Совершенствование маркетинговых исследований на рынке банковских услуг позволят получить полную информацию результатов проведенного исследования, принять правильное управленческое решение, сделать его прозрачным и сократить время работников маркетингового отдела ПАО Сбербанк России и затраты на маркетинговые исследования.

Литература

1. **Просветов, Г.И.** Маркетинговые исследования: Задачи и решения: Учебно-практическое пособие / Г.И. Просветов. - М.: Альфа-Пресс, 2013. - 240 с.
2. **Тюрин, Д.В.** Маркетинговые исследования: Учебник для бакалавров / Д.В. Тюрин. - М.: Юрайт, 2013. - 342 с.
3. **Сысолятин А. В.** Комплекс маркетинга на рынке банковских услуг / А. В. Сысолятин // [Электронный ресурс]. <http://cyberleninka.ru>

С.В. Фурман, студ.; рук. М.В. Патуроев, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАЗВИТИЮ ТУРИЗМА НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ НА ПРИМЕРЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Развитие туризма оказывает положительный эффект на экономику принимающих регионов — активно развивается инфраструктура, обслуживающая туристов: растут отели, рестораны, предприятия малого бизнеса, производящие сувенирную продукцию [1].

На сегодняшний день в большинстве регионов России выездной туризм преобладает над внутренним, то есть региональным и межрегиональным и объект исследования, не является исключением. Развитие регионального туризма сдерживается целым рядом негативных факторов, к которым относятся: бедность ассортимента предлагаемых услуг, стереотипное восприятие России как страны неблагоприятной для туризма, недостаточное развитие туристской инфраструктуры, отсутствие условий для инвестиций, а также слабая реклама туристских возможностей регионов.

Тем самым необходимы специальные и уникальные мероприятия, которые способны увеличить спрос на туристические продукты региона, тем самым вызвать интерес у населения из других регионов, привлечь новые инвестиции и дать новый толчок развития региона в целом.

Данные мероприятия, будут ориентированы на привлечения больших инвестиций в регион и прежде всего на разработку новых туристических маршрутов и на маркетинговые мероприятия по продвижению турпродуктов на рынке и региона в целом. Эти мероприятия позволят дать импульс к новому витку развития туристической индустрии региона.

Литература

1. **Квартальнов В.А.** Туризм: Учебник, М: 2014 — 137 с.

К.К. Шуклина, студ.; рук. Н.Ф.Солдатова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ PR ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИМИДЖА КОМПАНИИ НА РЫНКЕ

В практике современных предпринимательских структур, формирование имиджа рассматривается как одна из стратегических целей, которая считается не менее важной, чем внедрение новых технологий, стабилизация финансовой среды и расширение рынков сбыта[1].

В.Д. Шкардун и Т.М. Ахтямов предложили методику формирования и оценки имиджа компании.Оценку корпоративного имиджа важно проводить с помощью экспертного опроса сотрудников фирмы и представителей определенных целевых групп[2].

Имидж компании и каждый его компонент оценивали и рассчитывали как среднее арифметическое значение, используя формулу (1):

$$X_{\text{ср}} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}, \quad (1)$$

где x_{i1} - балльная оценка одного эксперта соответствия i -го параметра положительному имиджу; n - число экспертов; $x_{\text{ср}}$ - среднее значение баллов всех экспертов по i -ому параметру.

Исследуя полученные средние значения можно сделать выводы о соответствии реального имиджа компанииположительному согласно шкале (рисунок 1).

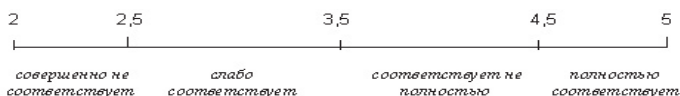


Рис. 1. Шкала по оценке соответствия корпоративного имиджа фирмы положительному имиджу

Литература

1. **Титов С.А.** Стратегия формирования и методы оценки имиджа предпринимательской структуры: Дис. канд. экон. наук: 08.00.05, Санкт-Петербург, 2004
2. **Шкардун В.Д.,Ахтямов Т.М.** Оценка и формирование корпоративного имиджа предприятия

М.С. Тельнова, студ.; рук.А.Г. Бадалова, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РЫНКА ТРУДА

Трудовая деятельность населения занимает особое место в структуре социальных приоритетов Российской Федерации, так как человеческие ресурсы являются важной частью естественных производственных сил страны, её основой, богатством и главным условием роста экономики.

Важная роль системы государственного регулирования рынка труда заключается в том, что развитие технологического прогресса, глобализация, постоянное влияние внешних и внутренних факторов на экономику страны, непосредственным образом отражается на состоянии рынка труда[1].

В связи с этим возникает необходимость разработки различных подходов к регулированию социальных и экономических процессов, в том числе в сфере занятости и рынка труда[2].

Развитие системы государственного регулирования рынка труда выполняет важную роль для развития экономики страны и улучшения уровня жизни населения.

Система государственного регулирования рынка труда влияет на развитие социального партнерства, повышение инвестиционной привлекательности регионов, осуществляет контроль и надзор в сфере занятости, стимулирует работодателей к улучшению условий труда и способствует продвижению культуры безопасного труда, оказывает содействие в развитии малого предпринимательства, стимулирует создания новых рабочих мест, развивает и модернизирует работу служб занятости населения, способствует развитию профессиональной мобильности населения, разрабатывает систему оптимального размера социальных выплат, пособий и субсидий, способствующие эффективному развитию рынка труда, защищает трудовые права граждан и борется с правонарушениями в сфере труда, регулирует миграционные процессы, рост оказывает социальную и финансовую поддержку, содействует трудоустройству и обучению граждан, создает и развивает правовые и экономические благоприятные условия в сфере труда.

Литература

1. **Кязимов К. Г.** Регулирование рынка труда и занятости населения: монография. - М.: Директ-Медиа, 2017. – 204 с.
2. **Шапиро С. А.** Основы экономики и социологии труда: учебное пособие. - М.: Директ-Медиа, 2017. – 270 с.

*М.В. Витюков, студ.; рук. М.А.Булатенко, к.э.н., ст. преп.
(НИУ «МЭИ»)*

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЕЙ ПРИ ВНЕДРЕНИИ СМК (НА ПРИМЕРЕ АО «ОБЪЕДИНЕННАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ»)

Актуальность данной темы обусловлена тем, что, находясь в условиях сложной, постоянно развивающейся среды, предприятие испытывает на себе влияние многих и далеко не всегда предсказуемых факторов. При этом ему приходится решать множество разнообразных задач. Это многообразие факторов и решаемых задач порождает различные формы организационных структур. Создание эффективной организационной структуры - одна из важнейших задач управляющих любой компании. Если каждый человек в компании находится «на своем месте» и знает свои должностные обязанности, если существуют правила взаимодействия отделов друг с другом, то деятельность компании будет напоминать отлаженный механизм, работающий с максимальным результатом и минимальными издержками [1].

Одним из наиболее болезненных процессов для любой фирмы является оптимизация организационной структуры, затрагивающая материальные и карьерные интересы сотрудников. Эффективная организационная структура дает возможность как согласованного взаимодействия всех отделов, служб и должностных лиц в соответствии с принятыми планами, так и возможность самореализации всех работников, которые обеспечивают развитие, прогресс организации [2]. Таким образом, оптимизация организационной структуры является одной из важнейших задач менеджмента для современных предприятий.

В результате проведенного исследования организационной структуры управления компанией АО «Объединённая энергетическая компания» были разработаны предложения по её совершенствованию, а также была проведена оценка экономического эффекта от предложенных мероприятий. В ходе проведенного анализа было выявлено, что АО «Объединённая энергетическая компания» стоит следовать стратегии реорганизации подразделений с дублируемыми функциями в сквозные бизнес-процессы. Предлагаемые мероприятия позволят снизить расходы на управленческий персонал, повысить выработку продукции работниками и вследствие увеличить выручку от продаж.

Литература

1. **Кузнецов Е.В.** Теория организации: учебник для бакалавра. М.: Юрайт, 2015.
2. **Мищенко Е.С.** Организационные структуры управления (современное состояние и эволюция): учебное пособие. Тамбов: ГОУ ВПО ТГТУ, 2011.

*И.П. Сони́на, студ.; рук. Н.Ф. Солдато́ва, к.э.н. доц.
(НИУ «МЭИ»)*

АССОРТИМЕНТНАЯ ПОЛИТИКА – КАК СТРАТЕГИЯ МАРКЕТИНГА

Предприятие, реализующее продукцию должно уделять внимание ассортименту продукции не меньшее, чем его качеству, так как при правильном выборе ассортиментной политики торговое предприятие будет максимальным образом удовлетворять спрос потребителей и в конечном итоге предприятие будет конкурентоспособным. Цель работы - разработка мероприятий по совершенствованию ассортиментной политики предприятия ООО «Сплав».

В работе применялись методы экономического и статистического анализа. Методологическую основу исследования составляет совокупность общенаучных методов познания (системный анализ, синтез, обобщение) и прикладных экономико-статистических методов (сводка и группировка данных, изучение динамики)[1]. В ходе работы была исследована система управления ассортиментной политикой ООО «Сплав» и эффективность продаж торговой деятельности.

Таблица 1. Эффективность продаж ООО «Сплав»

Показатели	2016 год	2017 год	2017 год к 2016 году, %
Оборот розничной торговли, тыс. руб.	12523,1	13682,1	109,2
Издержки обращения, тыс. руб.	11157,2	11875,4	106,4
Прибыль от продаж, тыс. руб.	1365,9	1806,7	132,2
Рентабельность продаж, %	10,9	13,2	121,1
Рентабельность издержек обращения, %	12,2	15,2	124,5

ООО «Сплав» работает достаточно эффективно – показатель оборота розничной торговли в отчетном году по сравнению с предыдущим увеличился на 9,2%.

Были предложены мероприятия по совершенствованию ассортиментной политикой предприятия ООО «Сплав» (смена поставщиков, совершенствование структуры ассортимента, расширение ассортимента). Планируемый оборот розничной торговли на 2018 год с учетом среднегодового изменения прироста оборота розничной торговли и предложенных мероприятий составляет 15699,1 тысяч рублей (684,1 + 190 + 253,6 + 14571,4).

Литература

1. **Дикарева В.А.** Основы современного маркетинга: учебное пособие. М.: Изд-во Граница, 2015.

Н.С. Мартынов, студ.; рук. В.А. Епифанов, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ПО ВНЕДРЕНИЮ МОДЕЛИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ

В настоящее время наибольший интерес представляет разработка проектов по внедрению моделей повышения качества менеджмента предприятий. Для реализации этих проектов важна информация о контрагентах в соответствующей информационной системе[1].

Анализ показывает, что сегодня современный модуль АРІ«Фокус» автоматизирует поиск, оценку, заведение в базу предприятия новых контрагентов и отслеживает изменения по текущим. Это помогает избежать ошибок в реквизитах и оплаты ненадежным поставщикам, а также исключить длительные ручные проверки и отчеты по контрагентам.

Внедрение предлагаемой модели включает автоматический контроль новых и текущих контрагентов по разным источникам для получения сведений о критических факторах, что влияет на оперативную оценку финансовых и налоговых рисков контрагента.

АРІ«Фокус» позволяет проводить массовую проверку и мониторинг изменений по всей базе, либо по выделенной группе контрагентов, а также вовремя реагировать на существенные изменения у клиентов и партнеров и снижает риск невозврата финансовых средств.

Особо следует отметить необходимость регистрации нового контрагента в учетной системе. АРІ«Фокус» позволяет указав лишь ИНН контрагента автоматически подставлять оставшиеся данные из ЕГРЮЛ, ЕГРИП, Росреестра, реестра госконтрактов и других источников.

В целом АРІ«Фокус» решает ряд следующих задач:

- поддержание реквизитов в актуальном состоянии;
- обеспечение корректной работы с контрагентами из филиалов и дочерних предприятий;
- оперативное получение информации и аналитики;
- снижение затрат на работу с базой данных

Предлагаемое интеграционное решение подходит таким отраслям, как банки, торговля и производство.

Литература

1.Епифанов В.А., Кочетков В.В.и др. Основы общего менеджмента и тенденции его развития на современном этапе. Методологические и организационно-правовые основы менеджмента. М.: РПК Карт Бланш Технолоджи, 2017.

В.А. Коровенкова, студ.; рук. Е.В. Суворова, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ ПО РАЗВИТИЮ МАССОВОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА

В современном обществе чрезвычайно важна роль массовой физической культуры и спорта, это связано не только с благоприятной окружающей средой, но и многими другими факторами, сказывающимися на здоровье и жизни граждан.

Массовая физическая культура — это часть культуры, имеющая массовый охват, воздействующая на жизненно важные стороны человека: развитие духовно-нравственных качеств, оздоровление и общее укрепление организма [1]. Спорт является неотъемлемой частью физической культуры, направлен на совершенствование навыков в определенном виде спорта [2].

По данным опроса и анализа деятельности Администрации Одинцовского муниципального района и его структурного подразделения - Комитета физической культуры и спорта выявлена главная проблема - неразвитый дворовый спорт.

Необходимость развития массовой физической культуры и спорта в Одинцовском муниципальном районе привела к созданию сайта и информационных стендов для граждан, и строительству новых многофункциональных спортивных площадок.

Мероприятия приведут к повышению информативности жителей о спортивной и здоровой жизни более чем на 60%, к увеличению доли, регулярно занимающихся физической культурой и спортом на 5,6% от общего количества населения района, а так же увеличится доля от нормативной потребности в плоскостных сооружениях на 6,82%.

Литература

1. **Барчуков И.С.** Теория и методика физического воспитания и спорта. - М.: КноРус, 2014. - 368 с.
2. **Кун Л.** Всеобщая история физической культуры и спорта; Радуга - М., 2016. - 400 с.

А.М. Горельщикова, студ.,рук. Е.В. Суворова, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

К ВОПРОСУ О СИСТЕМЕ БЫТОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Актуальность темы обусловлена тем, что сфера бытового обслуживания населения нуждается в совершенствовании как отдельно взятых предприятий и организаций, занимающихся данной деятельностью, так и системы в целом[1].

В настоящее время российский рынок бытовых услуг выходит на качественно новый уровень. Все больше людей и организаций отказываются от решения бытовых проблем своими силами и прибегают к помощи квалифицированных специалистов. В современных условиях бытовое обслуживание стало отраслью народного хозяйства с соответствующей индустриальной материально-технической базой.

Согласно результатам анализа системы БОН района Капотня можно сделать вывод о том, что бытовое обслуживание района развито недостаточно хорошо. Предприятия сталкиваются с проблемами ценовой и территориальной доступности, нехватки квалифицированных кадров и некоторых предприятий, а также отсутствия осведомленности населения о возможности предоставления им прямой адресной помощи.

Решение этих проблем имеет социальную и экономическую эффективность. Социальная эффективность предложенных мероприятий состоит в организации новых рабочих мест, территориальном удобстве пользования данными видами услуг, приемлемой ценовой политикой, а также тем, что услугами новых предприятий будут пользоваться от 22 до 27% населения района (от 7 200 до 8 6400 человек в год). Экономическая эффективность варьируется от 14,7 до 65,39%. Размер отчислений в федеральный бюджет составляет 15 212 рублей.

Таким образом, благодаря совершенствованию сферы бытового обслуживания населения появится возможность решить основные проблемы относительно качества обслуживания и качества предоставляемых услуг.

Литература

1. **Меньшикова Г.А.** Экономика и социология непродуцированной сферы (Учебно-методическое пособие) / Меньшикова Г.А. – М.: издательство СПГУ, 2013. – 201 с.

В.С. Крамаренко, студ.; рук. Е.В. Суворова, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПО СОДЕЙСТВИЮ ЗАНЯТОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

На современном этапе социально-экономического развития страны, который характеризуется проведением ряда реформ, следует существенно повысить эффективность деятельности органов службы занятости населения. Служба занятости, действуя в установленных законом рамках, осуществляет комплексное регулирование занятости населения и трудовой миграции на территории субъектов Российской Федерации [1] и поэтому в определенной мере предопределяет эффективность реформирования других сфер.

Для того чтобы усовершенствовать политику занятости населения следует рассмотреть основные проблемы и недостатки, которые тесно связаны с регулированием занятости населения на муниципальном уровне, а именно:

- увеличение численности населения пенсионного возраста;
- снижение численности экономически активного населения;
- увеличение пенсионного возраста;
- высокая доля безработных среди выпускников учебных заведений.

Предлагается ряд мероприятий по совершенствованию деятельности центра занятости населения:

- Частичное объединение центра занятости с многофункциональным центром.
- Работа по привлечению работодателей в службы занятости для расширения банка вакансий.
- Проведение конференций, касающихся проблем трудоустройства выпускников ВУЗов и колледжей, привлечь к ним внимание широких слоев населения, вузов, ЦЗ и других учреждений посредством проведения рекламы.

Литература

1. **Интерактивный портал Центра занятости населения города Москвы.** [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://czn.mos.ru/> (дата обращения 06.12.2018)

Е.А. Тихонова, студ.,рук. М. А. Киселева, ст. преп.(НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ «РГНКЦ ГОР. МОСКВЫ В ОБЛАСТИ СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ПЕНСИОНЕРОВ

Важное значение приобретают институты социального обслуживания одиноких престарелых, межведомственная работа по организации социальной поддержки пожилых людей, развитие территориальных центров социального обслуживания. Это связано с увеличением удельного веса пожилых людей в составе населения, изменением социального статуса человека в старости, прекращение или ограничение трудовой деятельности, трансформацией ценностных ориентиров, самого образа жизни и общения, а также возникновения различных осложнений, как в социально-бытовой, так и в психологической адаптации к новым условиям[1]. Все это диктует необходимость исследования условий социальной работы с пенсионерами и пожилыми людьми.

На современном этапе организация помощи пожилым людям, наряду с решением этих традиционных социальных проблем берет за основу направление разработки целевых социальных технологий.

Помощь пожилым осуществляют органы социальной защиты населения через свои отделения, которые выявляют и ведут учет, осуществляют различные виды социальной поддержки, предлагают и обеспечивают платные услуги.

Социальная защита осуществляется по решению органов социальной защиты населения в подведомственных им учреждениях либо по договорам, заключаемым органами социальной защиты с учреждением социальной защиты иных форм собственности.

Социальная защита включает в себя всё то, что получает пожилой и нетрудоспособный человек за счёт общественных фондов потребления сверх пенсии.

Литература

1. **Болотина Н.Б.** Право социальной защиты: становление и развитие. Монография/Н.Б. Болотна. – М.: Знание, 2015. – 381 с.

Д.Е. Кожухов, студ.; рук. М.Н. Мызникова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА

Характерной особенностью инвестиционной деятельности предприятия является наличие высокого уровня неопределенности и рисков. Однако степень «непредсказуемости» внешней и внутренней среды инвестиционного проекта изначально велика, и гарантий достижения желаемого результата не существует. Данный вопрос определяется эффективностью планирования, точностью прогноза, состоянием рынка, динамикой цен на ресурсы и зависит от множества иных факторов, которые образуют матрицу рисков инвестиционного проекта.

В настоящее время актуальным вопросом является создание оптимальной и эффективной модели управления рисками инвестиционных проектов. Ситуация менеджмента риска должна быть определена. Цели и ожидаемые результаты, корпоративные требования и требования заказчика на всех стадиях разработки проекта должны быть сформулированы и использованы при идентификации и ранжировании видов риска.

Разработка модели управления рисками - залог эффективного управления проектом. Модель позволяет оперативно учитывать рисковые ситуации, уменьшать уровень риска при помощи методов воздействия на риск, а также устранять причины возникновения риска еще до возникновения рисков ситуации [1].

Проведенный автором анализ позволил выявить следующие проблемы и пути их решения: в теоретической части вопросам уделяется разработка методических подходов по созданию эффективной модели управления рисками инвестиционных проектов на основе комплексного подхода, в методической части авторы предлагают повысить эффективность инвестиционного проекта путем оптимизации рисков. Практические рекомендации по совершенствованию инвестиционного процесса, направленные на развитие подходов к учету риска позволяют систематизировать процесс экспертизы проектов и создать базу для сравнения, используя единую систему критериев.

Актуальной проблемой является разработка механизма оценки и отбора инвестиционных проектов, инструментария оценки эффективности и рискованности инвестиций, а так же, разработка предложений и практических рекомендаций по совершенствованию системы управления рисками предприятия.

Литература

1. **Балдин, К.В.** Управление рисками в инновационно-инвестиционной деятельности предприятия: Учебное пособие / К.В. Балдин 2015. – 420 с.

И.В. Соловьев, асп., Н.Ф. Солдатова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ДИВЕРСИФИКАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЧАСТНЫХ НАУЧНО- ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ СОКРАЩЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБОРОННОГО ЗАКАЗА

В современных условиях, частные научно-производственные предприятия сталкиваются с проблемой поиска заказчиков, а так же ограничениями при попытках расширить свои рынки сбыта. Президент РФ Владимир Путин поставил задачу довести к 2025 г. долю гражданской продукции до 30% от общего объема производства оборонно-промышленного комплекса (ОПК), а к 2030-му – до 50% [1]. Таким образом, при сокращении Государственного оборонного заказа, предприятия оборонно-промышленного комплекса начинают захватывать долю рынка частных научно-производственных предприятий, которые за деньги федерального бюджета производили высокотехнологичную продукцию, а так же продукцию двойного назначения.

В этих условиях, существенно повышаются риски для собственников частных научно-производственных предприятий, которые вынуждены искать менее рискованные ниши для своего бизнеса [2]. Такая ситуация в экономике страны краткосрочно снижает отдачу от научно-производственных работ, так как предприятия ОПК имеют объективные сложности при выпуске гражданской продукции, и одновременно, забирают такие работы у частных организаций, которые на этом специализировались. Частным научно-производственным фирмам приходится переориентироваться, то есть сокращать у себя работы по Государственному заказу и фокусироваться на внутреннем потребительском рынке, а также дополнительно оптимизировать свою деятельность.

В докладе представлена точка зрения авторов на оптимизацию работы частных научно-производственных предприятий, в основе которой лежит применение инструментов бережливого производства, а так же разработка новой маркетинговой стратегии при проведении НИОКР.

Литература

1. **Диверсификация ОПК:** современное состояние, журнал «Арсенал Отечества» №6 за 2017 год;
2. **Л.П. Гончаренко, Б.Т. Кузнецов, Т.С. Булышева, В.М. Захарова.** Инновационный менеджмент: учебник для академического бакалавриата; под общ. ред. Л.П. Гончаренко. - 2-е изд., пер. и доп. - М.: Издательство Юрайт, 2016. - 487 с.

Р.И. Инамов, студ.; рук. В.К. Лозенко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

Оценка уровня бизнес-уклада отечественных энергетических холдингов на примере компании ПАО «Интер РАО»

В условиях рыночной экономики всё более остро встаёт вопрос развития компаний, повышения эффективности деятельности во всех присутствующих ими секторах, вследствие чего возникает проблема оценки перспектив развития организации с последующим внесением корректив в ключевые цели и стратегию холдинговых компаний, высшим менеджментом.

Менеджеру для принятия решений по повышению эффективности деятельности, для постановки задач и целей в среднесрочной и долгосрочной перспективе необходимо понимание – на каком уровне развития находится в данный момент компания.

Эффективным способом оценки текущего состояния и выявления перспектив развития можно считать определение уровня бизнес-уклада организации. Согласно научным работам профессора Лозенко В. К. бизнес-уклад рассматривается не только как понятие учитывающие технологические особенности, но и как комплексный инструмент оценки уровня развития компании, затрагивающие такие факторы, как инфраструктура организации, менеджмент и человеческие ресурсы [1].

Эволюция бизнес-уклада происходит постепенно, путём изменения структуры генерирующих мощностей, обновления устаревшего парка оборудования на новое более энергоэффективное. Большой вклад в эволюцию вносят принципы управления, внедрение международных стандартов ISO, а также человеческие ресурсы, включающие в себя опыт, компетенции, знания – всё то, что может быть использовано для достижения основных целей.

В частности, при проведении оценки необходимо выделять критерий надёжности, который в данном контексте будет определяться, как количество технологических нарушений на единицу установленной мощности. Естественно, если выбранный критерий уменьшается, то говорить о переходе к новому бизнес-укладу бессмысленно, поскольку согласно теории, надёжность должна, либо увеличиваться, либо оставаться на одном уровне довольно продолжительное время.

Литература

1. **В. К. Лозенко, Я. И. Тульчинская** Научно-методический подход к оценке уровня технологического уклада электроэнергетической отрасли России. – Вестник ЮРГТУ (НПИ), 2012

А.С.Коновалов, студ.; рук. М.Н. Мызникова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СМК НА ПРЕДПРИЯТИИ (НА ПРИМЕРЕ ОАО «РЖД»)

Моделирование процессов СМК позволяет предметно изучить технологические процессы предприятия, управлять сложными системами различной природы, внешними и внутренними взаимосвязями в системе менеджмента, способствует выявлению рисков и повышению эффективности управления предприятием, за счет оптимизации процессов. Использование моделирования процессов, также облегчает стандартизацию и регламентацию деятельности предприятия. Принимая во внимание вышесказанное, актуальность данной исследовательской работы обуславливается большим вкладом моделирования в управление и повышение качества предприятия. На рисунке 1 представлена принципиальная модель управления качеством ОАО «РЖД» на основе принципов процессного подхода.



Рис. 1. Модель управления качеством ОАО «РЖД»

Проведение исследовательской работы по моделированию процессов включает в себя следующие этапы:

- выявление бизнес-процесса;
- разработка ключевых показателей (метрик) для бизнес-процесса, с целью их дальнейшего контроля и мониторинга;
- совершенствование бизнес-процесса на основе цикла Деминга-Шухарта (PDCA).

Литература

1. Д. Джестон, Й. Нелис. Управление бизнес-процессам, практическое руководство по успешной реализации проектов /Англия, 2015. – 760 с.

И.А. Погорелый, студ., рук. М.А. Киселева, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)
**ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ ТРУДА ПАО
 «РОСТЕЛЕКОМ»**

В современном менеджменте все большее значение приобретают мотивационные аспекты. Актуальность исследуемой темы заключается в том, что мотивация персонала является основным средством обеспечения оптимального использования ресурсов, мобилизации имеющегося кадрового потенциала. Основная цель процесса мотивации - это получение максимальной отдачи от использования имеющихся трудовых ресурсов, что позволяет повысить общую результативность и прибыльность деятельности предприятия [1].

В ходе анализа системы мотивации труда ПАО «Ростелеком» было выявлено, что ключевым инструментом стимулирования сотрудников является размер заработной платы. Несмотря на удовлетворенность сотрудников своей заработной платой, они все равно хотят получать больше, что видно на рисунке 1.



Рис. 1 Факторы, неудовлетворяющие сотрудников в работе предприятия, %

Предприятию ПАО «Ростелеком» следует развивать систему мотивации труда сотрудников в следующих направлениях: совершенствование системы выплат окладов при выполнении плана; систематические тренинги по повышению навыков телефонных продаж; предоставление купонов при выполнении определенных видов работ (или выполнении плана) и ежемесячная организация розыгрышей призов по данным купонам.

Таким образом, предложенные мероприятия по мотивации персонала положительно скажутся на эффективности работы персонала и тем самым повлияют на производительность самого предприятия.

Литература

1. **Исаева О.М.** Управление персоналом: Учебник и практикум для СПО / О.М. Исаева, Е.А. Пригорова. - Люберцы: Юрайт, 2016. – 244.

**С. И. Иванова, студ., рук. М. А. Киселева, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)
К ВОПРОСУ О РАБОТЕ ОРГАНОВ СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ
СЕМЬИ, МАТЕРИНСТВА И ДЕТСТВА С НАСЕЛЕНИЕМ**

Поддержка материнства и детства является важнейшим условием решения демографической проблемы в России. Социальная защита материнства и детства является предметом особого внимания со стороны государства, поскольку через заботу о здоровье и благосостоянии женщин и детей гарантируется прирост здорового населения страны[1].

Эффективность системы социальной защиты граждан определяется повышением жизненного уровня населения. Согласно данным федеральной службы государственной статистики, средняя заработная плата населения составила в 2015 году 25739 рублей, или 128% к уровню 2010 года. Пенсии соответственно - 9880 рублей или 119,2%.оборот розничной торговли на душу населения составил 12466 рублей или 134% к уровню 2010 года, оборот общественного питания - 1276 рублей или 132,5%, объем платных услуг - 30,9 тыс. рублей или 111%. В целом, достигнуты положительные результаты в повышении уровня и качества жизни населения.

На данный момент, семья может сталкиваться с рядом проблем, часть из которых она не может разрешить без помощи специалистов по социальной работе. Например, выплаты пособий для нуждающихся граждан не соотносятся с принципами социального страхования и с принципами права социального обеспечения. Правовое регулирование обеспечения граждан пособиями не отвечает ни принципам права социального обеспечения, ни принципам обязательного социального страхования (ограничение страховых пособий максимальными размерами; установление пособий в размере ниже прожиточного минимума и др.)

Все функции по оказанию помощи нуждающимся выполняет субъект социальной работы, т.е. все люди и организации, которые включены в процесс социальной работы. Таким образом, необходимость сильной государственной семейной политики обусловлена, прежде всего, общественными потребностями. Также следует отметить, что внедрение новых пособий и льгот не решит полностью проблемы в реализации конституционных прав граждан. Необходимо создать такие условия для граждан, в которых в полной мере реализовывалось бы основное конституционное право: право на достойную жизнь.

Литература

1.Павлова И.В. Модернизация системы социальной защиты граждан РФ: необходимость и возможные направления: Дис. д-ра экон. наук. М., 2014. 197 с.

С.И.Дервянченко, студ.; рук. М.А.Киселева, ст.преп.(НИУ «МЭИ»)
**РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАЗВИТИЮ
ТУРИЗМА НА МУНИЦИПАЛЬНОМ УРОВНЕ В Г.
КОСТРОМА**

Туризм в современной России является многоаспектным социально-экономическим и культурным феноменом. Как показывает опыт, развитие туризма создает необходимые условия для повышения уровня мобильности и занятости населения страны, способствует стабильному экономическому росту региональных экономик, рациональному использованию объектов культурного и природного наследия.

Историко-культурный потенциал – это материальные и духовные ценности, созданные в прошлом и имеющие значение для сохранения и развития самобытности народа, его вклада в мировую цивилизацию [1].

В отношении отдельной страны в международной статистике различают следующие типы туризма:

а) внутренний туризм - жители какой-либо страны, путешествующие по своей стране;

б) региональный или местный туризм - путешествия в пределах определенного региона;

в) выездной туризм - путешествие по какой-либо стране лиц, не являющихся ее жителями;

г) въездной туризм - путешествия жителей какой-либо страны в другую страну[2].

Был проведен анализ туристского потенциала на примере г. Кострома. В городе насчитывается 12 музеев, 71 туристическая фирма, 39 средств размещения. Также был проведен опрос посетителей Костромы, согласно которому большинство респондентов готовы поехать в Костромскую область с целью туризма. Для того чтобы город смогли оценить по достоинству и взрослые и дети, был разработан план по постройке аквапарка. Аквапарк сможет служить не только самостоятельным развлечением для детей и взрослых, но и также входить в состав туров и экскурсий. Срок окупаемости данного проекта составляет 114 дней.

При внедрении данного мероприятия ожидается приток туристов с детьми в Кострому, где они смогут не только духовно развиваться, осматривая достопримечательности города, но и провести досуг в аквапарке.

Литература

1. **Игнатьева И.Ф.** Организация туристской деятельности. –М: Учебное пособие, 2016. - 123 с.
2. **А.Д. Чудновский**, Н.В. Королев, Е.А. Гаврилова, М.А. Жукова, Н.А. Зайцева. – М.: Федеральное агентство по туризму, 2015. – 21 с.

И.М.Козаева, студ., рук. М.А. Киселева, ст. преп.(НИУ «МЭИ»)
**АНАЛИЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ПАО
 «РОСБАНК»**

Грамотное управление персоналом способствует развитию основного ресурса предприятия, которым являются его сотрудники, осуществляющие основную деятельность в организации, позволит организации выйти на должный уровень развития и эффективно функционировать в своей профессиональной нише по оказываемым услугам[1].

Был проведен анализ системы управления персоналом ПАО «Росбанк». В частности, был проведен опрос методом анкетирования анализа мотивации труда работников. На основе проведенного исследования можно сделать вывод, что большая часть сотрудников предприятия высказываются за улучшение мотивирующих факторов для повышения эффективности трудовой деятельности. Текучесть кадров на предприятии в 2017 г. по сравнению с прошлым годом увеличилась на 34,0%. Это говорит о том, что в организации нерационально применяется социальная и мотивационная политика, направленная на улучшение условий труда для работников. Основная цель заключается в оптимизации уровня текучести персонала и необходимости принятия мероприятий по улучшению системы управления ПАО «Росбанк».

На основе полученных выводов были разработаны следующие мероприятия: внедрение программ питания для сотрудников, организация занятий корпоративным спортом. На рис. 1. представлен предполагаемый уровень удовлетворенности трудом по факторам социальной напряженности в 2017 г. в результате реализации мероприятия.

Таким образом, внедрение предлагаемых мероприятий по совершенствованию системы стимулирования работников компании ПАО «Росбанк» приведет к повышению эффективности трудовой и экономической деятельности в целом.

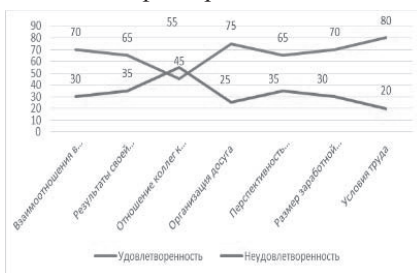


Рис.1.Уровень удовлетворенности трудом по факторам социальной напряженности в 2017 г.

Литература

1. **Токарева Е.А.** Повышение эффективной деятельности организации на основе совершенствования мотивации персонала в условиях рынка. – М.: Наука, 2014. – 312 с.

А. И.Ефименко, студ.;рук. Н. Л. Кетоева, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ В
КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

Актуальность темы развития социальной сферы, в частности сферы здравоохранения, на сегодняшний день обусловлена, в первую очередь, необходимостью экономического и социального развития всего населения страны. Сфера здравоохранения как часть социальной сферы отвечает за такую важную роль в социально-экономическом развитии, как репродуктивность человеческих ресурсов. Увеличивая среднюю продолжительность жизни, уровень рождаемости, снижая уровень смертности и уровень инвалидизации, у современного социума появляется больше шансов для успешного и эффективного социально-экономического развития [2].

Развитие здравоохранения в СССР базировалось на основополагающих принципах гуманности: государственном характере, бесплатности и общедоступности медицинской помощи, проведении профилактических мероприятий, единстве науки и практики, активном участии населения в развитии здравоохранения, что означало закрепление жёсткой централизации в управлении. Органы управления здравоохранением были частью Советского государственного аппарата – исполнительных комитетов Советов депутатов трудящихся, имеющие функцию обеспечения охраны здоровья населения. Подобные идеи олицетворяли единую основу социалистической системы охраны здоровья[1].

После распада СССР в 1991 году привычная организация системы здравоохранения претерпела множество преобразований. В том числе и процесс управления его развитием. Если до распада СССР развитие здравоохранения заключалось в успешной борьбе с эпидемиями, в развитии санитарно-гигиенических норм, то сейчас развитие здравоохранения сфокусировалось, в основном, на увеличении средней продолжительности жизни, оказании высокотехнологичной помощи и т.д. Эффективное управление развитием здравоохранения на муниципальном и региональном уровне в субъектах РФ минимизирует потери ВВП в связи с предотвращением социального ущерба, определяемого динамикой количества госпитализаций, динамикой посещения амбулаторных приёмов, вызовов скорой медицинской помощи, числом случаев и дней временной утраты трудоспособности, частотой исходов в инвалидизирующие формы.

Литература

1. **Жанкишева Д.Ж.** - Управление развитием сферы медицинских услуг в регионе Кабардино - Балкарской Республики, 2015.
2. **Коротков Ю. А., Чуднов В. П.** - Организация управления здравоохранением в муниципальных образованиях. «ГлавВрач», 2010.

А.А. Шубенков, студ.; рук. М.А. Булатенко, к.э.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СМК НА ПРЕДПРИЯТИИ НА ПРИМЕРЕ ПАО «ИНТЕР РАО»

Успех любого предприятия зависит от организации обеспечения высокого качества выпускаемой продукции. В современных условиях важнейшим инструментом обеспечения качества товаров, работ и услуг (в том числе это касается такого специфического вида продукции, как энергия) является внедрение и постоянное совершенствование системы менеджмента качества (СМК) на предприятиях. Целью постоянного улучшения является увеличение возможности повышения удовлетворенности потребителей и других заинтересованных сторон [1].

Наиболее распространенной в мире на данный момент является модель СМК, основанная на стандартах ISO серии 9000. СМК в соответствии с терминологией стандарта ISO 9000:2015 [1] представляет собой систему менеджмента для руководства и управления организацией применительно к качеству. Иными словами, это часть общей системы управления компанией, которая функционирует с целью обеспечения стабильного качества производимой продукции и оказываемых услуг путем совершенствования управления процессами и процедурами. Важность совершенствования системы менеджмента качества на предприятии состоит в том, что СМК повышает конкурентоспособность компании как на отечественном, так и на мировом рынке [2].

В результате проведенного исследования СМК одной из крупнейших энергетических компаний в России – ПАО «Интер РАО» – были разработаны предложения по совершенствованию функционирования СМК на предприятии, а также была проведена оценка экономического эффекта от предложенных мероприятий.

В ходе проведенного анализа было выявлено, что ПАО «Интер РАО» целесообразно следовать стратегии постепенного улучшения отдельных бизнес-процессов. Среди прочего, необходимо усовершенствовать структуру управления компании в целях наиболее эффективного распределения ответственности в области СМК, улучшить систему мотивации персонала для достижения высокого уровня качества продукции и услуг, а также оптимизировать бизнес-процессы. Предлагаемые мероприятия позволят снизить себестоимость производства, увеличить чистую прибыль и повысить рентабельность деятельности.

Литература

1. Магер В.Е. Управление качеством. М.: ИНФРА-М, 2018.
2. Минько Э.В., Минько А.Э. Менеджмент качества. М.: Питер, 2013.

Г.М. Мисюра, студ.; рук. М.А. Булатенко, к.э.н., ст. преп. (НИУ«МЭИ»)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНОГО БРЕНДА

Корпоративный бренд представляет конкурентные преимущество, которое играет важную роль при популяризации товаров и услуг. Создание корпоративного бренда подразумевает под собой трудоёмкий процесс, результатом которого является, улучшение прибыльности предприятия.

Основные этапы разработки корпоративного бренда

1.Позиционирование и стратегия бренда - анализ компании и рынка, определение основополагающей концепции корпоративного бренда.

2.Вербальная идентификация, нейминг, легенда бренда - регистрация название в качестве товарной марки, разработка слогана.

3.Разработка визуальных идентификаторов бренда.

4.Документальное фиксирование положения о концепции бренда - руководства по фирменному стилю.

5.Визуализация всех точек соприкосновения с брендом. Обучение персонала. Создание упаковки, печатной продукции, вывесок, сайта.

Для определения влияния бренда на потребителя был проведён опрос студентов 4 курса ИнЭИ кафедры МЭП. Суть опроса заключалась в выборе продукта:

1)Бюджетный телефон XiaomiRedmiNote 5`;

2)Дорогостоящий iPhone 7.

Первый вопрос: «Какой телефон вы бы выбрали, исходя из первичных представлений?» Результат: 4 - XiaomiRedmiNote 5, iPhone 7- 26.

Второй вопрос: «Какой телефон вы бы выбрали, исходя из технических предпочтений?» Результат:11 - XiaomiRedmiNote 5, iPhone 7- 19.

Исходя из результатов опроса, можно сделать вывод, что при выборе товара с практически идентичными технологическими характеристиками, студенты предпочтительно выбирали продукт той компании, бренд которой не только ориентирован на потребителя, но и на его позиционирование.

Литература

1. **Капферер Ж.-Н.**Бренд навсегда: создание, развитие, поддержка ценности бренда= StrategicBrandManagement.—М.:«Вершина», 2007.— 448с.

2. **Котлер Ф.**Маркетинг от А до Я. 80 концепций, которые должен знать каждый менеджер = MarketingInsightsfromAtoZ: 80 ConceptsEveryManagerNeedstoKnow.—М.:«Альпина Паблишер», 2012. — 216с.

М.Т. Заргарян, соискатель; рук. Н.Л. Кетоева, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

КОМПАРАТИВНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Усиливающаяся с каждым днем конкурентная борьба между развитыми странами, за лидерство в системе науки и образования связана с повышением роли образования в обеспечении устойчивого развития и конкурентоспособности государства. Можно сказать, что качество образовательных услуг, система их функционирования, научно-технический потенциал становится главным индексом и доминантой повышения социально-экономического потенциала государства [2].

Цель исследования состоит в анализе международного рынка образовательных услуг, который позволит выявить основные сходства и различия отечественной и зарубежной системы высшего образования.

Для реализации поставленной цели были применены различные методы исследования: сравнение, статистические группировки, анкетные и экспертные опросы. В результате анализа были выявлены основные факторы, влияющие на развитие системы высшего образования различных стран (см. рис. 1).



Рис. 1. Факторы, влияющие на функционирование вуза

Таким образом, сформированная система факторов даст возможность нам построить организационно - экономический механизм устойчивого функционирования российских вузов.

Литература

1. «Международное высшее образование» — русскоязычная версия информационного бюллетеня International Higher Education (Бостонский колледж, США), выпуск № 92 2018 г.
2. Курилов С.Н., Гулиева С.А., Заргарян М.Т. Понятие и современная практика сферы образования для энергетики, 2018 г.

Д.Г.Потак, студ.; рук. Е.С.Орлова, асс. (НИУ «МЭИ»)

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТОВАРНЫМ АССОРТИМЕНТОМ ПРЕДПРИЯТИЯ

В настоящее время быстроизменяющиеся экономические условия страны требуют постоянного трансформирования хозяйственного механизма предприятия, в ней функционирующего. При этом наиболее важным элементом этого механизма можно считать ассортиментную политику предприятия, так как она позволяет не только формировать структуру доходов и прибыли рассматриваемого субъекта федерации, но и является одним из основных факторов конкурентоспособности предприятия [1]. Кроме того, ассортиментная политика позволяет однозначно связать экономические результаты деятельности предприятия с маркетинговыми процессами изучения потребностей целевого сегмента [2], а также однозначно выявить эффективность внедряемых изменений и определить резервы улучшения финансовых показателей хозяйственной деятельности предприятия.

В связи с этим автором было проведено исследование, посвященное изучению особенностей формирования товарного ассортимента предприятия на основе экономических и портфельных методов управления ассортиментом. Полученные результаты позволили выявить основные закономерности оптимизации структуры производства и реализации товаров, а также установить прямую зависимость между величиной прибыли предприятия, охватом целевого сегмента на рынке сбыта и эффективностью структуры ассортимента предприятия.

Полученные результаты исследования могут быть применены для практического внедрения на производящих предприятиях, а также в организациях сбытового сектора.

Литература

1. **Маркетинг-менеджмент:** учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры... / Нац. исслед. ун-т "Высшая школа экономики" ; ред. И. В. Липсиц, О. К. Ойнер . – М. : Юрайт, 2017 . – 379 с.;
2. **Каменева Н.Г.** Маркетинговые исследования : учебное пособие по специальности "Маркетинг" / Н. Г. Каменева, В. А. Поляков . – 2-е изд., доп. – М. : Вузовский учебник, : ИНФРА-М, 2016 . – 368 с.

*Ю.Ю.Смирнова, студ.; Л.В.Фомченкова, д.э.н.,проф.
(Филиал «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ЦЕЛЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ НА ОСНОВЕ ПРИОРИТЕТОВ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ОРГАНИЗАЦИИ

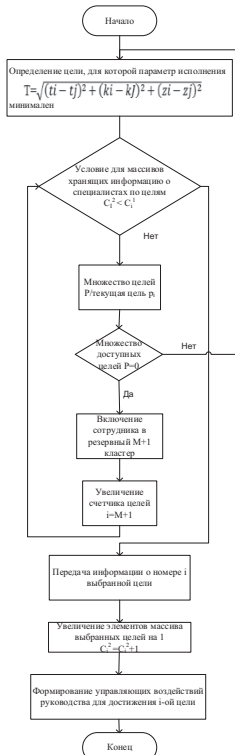


Рис.1 – Блок-схема алгоритма итерационного распределения

ресурсами целей.

Программная реализация данного алгоритма может быть осуществлена на базе кроссплатформенного фреймворка QT и позволит учесть фактор времени, а также работу в условиях конфликта и многокритериальности принимаемых стратегических решений, что повысит их обоснованность и эффективность.

Литература

1. Гершун А., Горский М. Технологии сбалансированного управления. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2006. – 416 с.
2. Лазарев В.С., Черногоров И.В. Метод распределения целей между работами группы в условиях противодействия // Инженерный вестник Дона.2017. №4.

А.Ю. Вергелес, студ.; рук. М.А. Булатенко, к.э.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ»

ООО «Интерюнис-ИТ» образовано в 2012 году в результате выделения из состава ООО «ИНТЕРЮНИС» научно-производственного подразделения. Компания входит в научно-промышленное объединение российских и зарубежных компаний, профессионально занимающихся вопросами промышленной безопасности: ООО «Научно-технический центр «Эгида», ООО «ИНТЕРЮНИС и Ко». На рисунке 1 представлено дерево целей ООО «Интерюнис-ИТ».

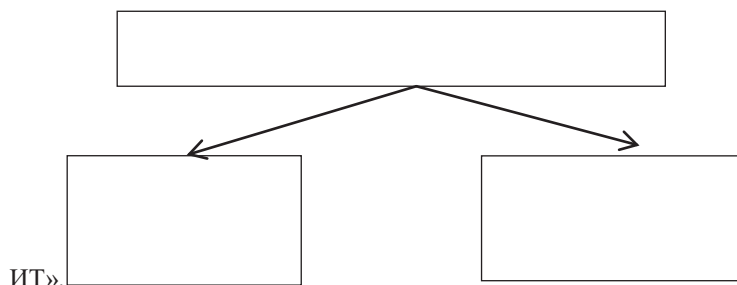


Рис. 1. Дерево целей ООО «Интерюнис-ИТ»

Автором предлагаются рекомендации по повышению конкурентоспособности организации (таблица 1).

Таблица 1 - Затраты на реализацию проекта

Планируемые мероприятия	Время проведения	Затраты, руб.
Внутреннее и внешнее обучение	Июль-декабрь	29400
Разработка положения по стимулированию	Июль	0
Развитие организационной культуры	Июль-декабрь	65000
Введение стандартов обслуживания	Июль	0
Итого	-	94400

Расчеты чистого дисконтированного дохода показали, что ЧДД станет положительным только за 3 год реализации мероприятий ($ЧДД_3 = 1853444$ руб.), тогда дисконтированный период окупаемости будет равен 2,51 года (2 года 6 месяцев).

Литература

1. **Квасникова В.В.** Конкурентоспособность товаров и организаций. Практикум / В.В.Квасникова, О.Н. Жучкевич. - М.: Инфра-М, Новое знание, 2014. -
2. **Головачев А.С.** Конкурентоспособность организации / А.С. Головачев. - М.: Высшая школа, 2015.
3. **Вайсман, Е.Д.** Генезис конкурентных преимуществ фирмы, 2014.

К.М. Морозова, студ.;рук. В.А. Епифанов, д.э.н. проф. (НИУ «МЭИ»)
**АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
МАРКЕТИНГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОРГАНИЗАЦИИ
(НА ПРИМЕРЕ ПАО «СБЕРБАНК»)**

Банковский маркетинг - это процесс, который включает в себя планирование производства банковского продукта, исследование финансового рынка, налаживание коммуникаций, установление цен, организацию продвижения банковского продукта и развертывание службы банковского сервиса [1].

Концепция банковского маркетинга характеризует цель деятельности банка на финансовом рынке [2].

Выявлено, что наиболее сильными сторонами системы управления маркетингом в ПАО «Сбербанк» являются:

- мониторинг цен конкурентов,
- система стратегического планирования,
- политика распределения.

По результатам выявленных проблем, предлагаются следующие мероприятия по совершенствованию маркетинговой деятельности банка:

В рамках совершенствования стандарта качества обслуживания:

- разработка системы нематериальной мотивации (например, введение звания «Человек года», проведение конкурса на звание «Лучшего менеджера» и т.п.);
- содействие командообразованию в банке;
- проведение с персоналом тренингов по культуре обслуживания;
- повышение квалификации работников сектора качества;

Так же предлагается продвижение Интернет-сайта, реклама на интернет порталах и распространение PR-статей.

В результате реализации мероприятий показатели деятельности ПАО «Сбербанк» улучшатся по сравнению с отчетными:

- объем доходов увеличится на 3,2%, что повлечет за собой увеличение среднегодовой выработки одного работающего также на 3,2%;
- рентабельность деятельности увеличится на 3,23%;
- рентабельность продаж увеличится на 2,56%.

Литература

1. **Печникова А.В.** Банковские операции: Учебник. - М.: Форум, 2016. - 368 с.
2. **Шаповалов В.А.** Управление маркетингом: учебное пособие для вузов. - Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2014. - 181 с.

Т. Н. Харламова, студ., рук. Е. В. Суворова, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)
**ОСОБЕННОСТИ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ, НА
ПРИМЕРЕ ГБУСО МО «НАРО-ФОМИНСКИЙ
КОМПЛЕКСНЫЙ ЦЕНТР СОЦИАЛЬНОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ»**

Социальная защита населения является неотъемлемой частью жизни любого гражданина, находящегося на территории этой страны. В России право граждан на социальную защиту гарантировано Конституцией и регламентировано российским законодательством. Так в Конституции Российской Федерации Россия определяется как социальное государство, «политика, которого направлена на создание условий, обеспечивающих достойную жизнь и свободное развитие человека». В нем «обеспечивается государственная поддержка семьи, материнства, отцовства и детства, инвалидов и пожилых граждан, развивается система социальных служб» [1].

Проведен анализ управления системой социальной защиты населения Наро-Фоминского городского округа. На основе которого выявлены особенности организации системы социальной защиты. В частности, для ГБУСО МО «Наро-Фоминский комплексный центр социального обслуживания» было предложено открытие отделения дневного пребывания. Основной целью деятельности отделения дневного пребывания является оказание социально-досуговых услуг гражданам, сохранившим способность к самообслуживанию и активному передвижению, привлечение пожилых людей и инвалидов к активной трудовой деятельности и поддержания их активного образа жизни.

Предложены мероприятия в направлениях: декоративно-прикладного искусства, а также IT-технологиях, позволяющие усовершенствовать деятельность ГБУСО МО «Наро-Фоминский комплексный центр социального обслуживания», не только путем привлечения граждан относящихся к категории пожилых людей и инвалидов, но и также для всех желающих углубить свои знания в декоративно-прикладном искусстве, а также в информационных технологиях. Полученные денежные средства курсов по декоративно-прикладному искусству и информационным технологиям, с граждан, не относящихся к категории пожилых людей и инвалидов, будут направлены на счет центра для дальнейшего его развития и сохранения.

Литература

1. **Ч. 1 ст. 7 Конституции Российской Федерации.**

Е.Е.Виссарионов, студ., рук.М. А. Киселева, ст. преп.(НИУ «МЭИ»)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПОДДЕРЖКИ И РАЗВИТИЯ МАЛОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В Г. КАЛУГА

В сложных условиях развития социально ориентированной экономики России одной из главных задач является развитие малого бизнеса, расширение предпринимательской инициативы населения как страны в целом, так и отдельных её регионов. В связи с этим, актуализируются вопросы обоснования направлений повышения эффективности использования потенциала малого предпринимательства в обеспечении устойчивого экономического роста региона и страны в целом [2].

В современных условиях сущность малого предпринимательства правомерно определять как самостоятельную, инициативную хозяйственную деятельность малых предприятий, которая проводится с целью получения прибыли[1].

Основными проблемами, сдерживающими развитие предпринимательства, как в регионе, так и в городе Калуга, являются:

- высокие процентные ставки на кредитные ресурсы;
- высокая степень изношенности оборудования;
- недостаточное количество квалифицированных кадров;
- растущие расходы на потребляемые энергоносители,

Исходя из выявленных проблем формируются следующие рекомендации к их устранению по основным направлениям:

- формирование инвестиционного климата;
- организационное обеспечение;
- финансовая поддержка;

Таким образом, развитие сектора малого бизнеса способствует устранению диспропорций, внедрению в производство достижений науки и техники, повышению объёмов произведенной продукции и оказанных услуг, созданию дополнительных рабочих мест, что выступает предпосылкой обеспечения устойчивого экономического роста.

Литература

1. Кошелева Т. Н. Управление формированием инновационной сферы малого и среднего предпринимательства: / Т. Н. Кошелева. – СПб., 2014. – 407 с.

2. Федеральный закон от 24.07.2007 № 209-ФЗ (ред. от 26.07.2017) «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации».

К.А. Корсакова, студ.; рук.А.Г. Бадалова, д.э.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ТУРИЗМА НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

В соответствии с ролью туризма в возрождении экономического потенциала страны туризм признается приоритетной отраслью экономики России, так как является сферой деятельности, нацеленной на удовлетворение потребностей людей и повышение качества жизни населения, и непосредственно участвует в создании национального дохода практически любого государства, как прямыми, так и косвенными методами [1].

В нынешнее время возрастающие негативные последствия конкуренции в туристской отрасли, ее коммерциализация и приватизация актуализировали необходимость усиления государственного регулирования туристического бизнеса, так как перспективы развития сферы туризма во многом зависят от государственного контроля в сочетании с современной стратегией продвижения региональных турпродуктов.

Принцип государственного регулирования развития туризма заключается в том, что государство, создает благоприятные условия для функционирования туристской сферы, определяет и поддерживает приоритетные направления, формируя образ благоприятной для туризма страны, и рекламирует его на международном уровне, а также осуществляет поддержку и защиту туристов, туроператоров и турагентов.

Россия имеет огромный потенциал, как для развития внутреннего туризма, так и для приема иностранных путешественников.

Однако, эффективности развития туристской деятельности в хозяйственном комплексе регионов страны в условиях рыночной экономики, а также коммерциализации туристских предприятий препятствует ряд экономических и социальных проблем [2].

В целях устранения проблем развития туристской отрасли совершенствования ее управления правительству необходимо осуществлять ряд информационных и финансовых мероприятий, в соответствии с региональным законодательством.

Литература

1. **Кузнецов В.В.** Региональная экономика и управление: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2017. – 244 с.
2. **Овчаров А.О.** Туристический комплекс России: тенденции, риски, перспективы: монография. – М.: Инфра-М, 2017. – 280 с.

Е.С. Демьяха, студ.; рук. Патуров М.В., к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ТРУДА РАБОТНИКОВ НА
 ПРЕДПРИЯТИИ**

Главное богатство любой организации - это её сотрудники. Успешная работа любой организации - слаженные взаимодействия сотрудников и начальства.

Оценка работы персонала позволяет обеспечивать нормальное функционирование всей организации и успешно решать производственные задачи с помощью методов, указанных на рисунке 1.

Типовая методика включает оценку деловых качеств и результатов труда по набору параметров, сведенному в следующую формулу:

$$L=K1*I1+K2*I2, \quad (1)$$

где L - комплексная оценка качеств специалиста или руководителя;

K1 - профессионально-квалификационный уровень работника;

I1 - оценка деловых качеств;

K2 - оценка сложности выполняемых функций;

I2 - оценка непосредственных результатов труда по количеству плановых и внеплановых работ.

Для повышения эффективности оценки работы сотрудников необходима разработка мероприятий, способствующих повышению производственно-экономических показателей.

Показатели результативности труда занимают ключевую позицию в производственной и научной деятельности предприятия, в сфере управления персоналом и человеческими ресурсами [1].

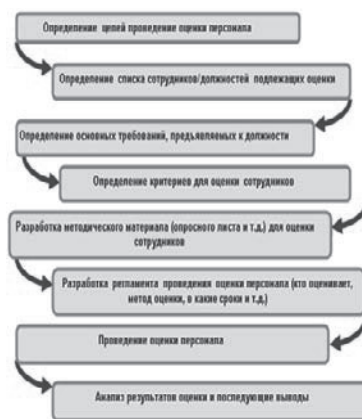


Рис.1. Схематичное изображение системы оценки персонала

Литература

1. Методические материалы НИИ труда.

Е.А. Тальникова, студ.; рук. М.О. Коробко к.э.н., ст. преп.(НИУ «МЭИ»)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ЛОЯЛЬНОСТИ ДЛЯ КЛИЕНТОВ КОМПАНИИ

Обострение конкуренции, увеличение коммуникационных затрат, возникновение эффекта дефицита потребителей и рост их ожиданий обуславливают развитие концепции маркетинга взаимоотношений с потребителями. Если несколько лет назад маркетинговые стратегии были ориентированы на привлечение новых потребителей, то в последнее время акцент смещается на удержание существующих, формирование их лояльности и верности предприятию. Причиной таких перемен является осознание того, что долгосрочные отношения с клиентами являются экономически выгодными, так как гарантируют регулярные закупки, требуют более низких затрат маркетинга на одного потребителя и благодаря рекомендациям лояльных клиентов способствуют увеличению их числа[2].

Лояльность в маркетинге — это построение долгосрочных отношений, в которых клиент благосклонно относится к товару, бренду или магазину и становится постоянным клиентом. Единственный для компании способ добиться долгосрочной лояльности клиентов – это установить с ними взаимоотношения, которые базируются на эмоциях, доверии и партнерстве. Поэтому сегодня многие компании уделяют достаточно много внимания разработке и внедрению различных программ лояльности (поощрения) клиентов - это долгосрочные программы взаимовыгодного сотрудничества между клиентами и компанией, система вознаграждений постоянных покупателей. Арсенал инструментов данных программ достаточно широкий. За выполнение условий участия в программе ее участники получают вознаграждение[1].

Основные цели, которые закладывает компания, используя программы лояльности, заключаются в стимулировании продаж и улучшении основных показателей (доход, прибыль, доля рынка), а также улучшение характеристик бренда (узнаваемость, улучшение отношения к компании).

Таким образом, преимущество в конкурентной борьбе на рынке получает та компания, которая сможет создать и удержать лояльность клиентов и партнеров к своему товару, бренду и компании в целом[2].

Литература

1. **Васин Ю.В., Лаврентьев Л.Г., Самсонов А.В.** Эффективные программы лояльности. – М.: Альпина Бизнес Бук, 2016. – 17-21 с.
2. **Райхельд Ф.Ф.** Эффект лояльности: движущие силы экономического роста, прибыли и непреходящей ценности: Пер. с англ. / Ф.Ф. Райхельд, Т. Тил. – М.: Вильямс, 2015. – 384 с.

В.Э. Грибанов, студ.; рук. В.А. Жуков, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СМК НА ПРЕДПРИЯТИИ НА ПРИМЕРЕ ПАО «КАРАЧАРОВСКИЙ МЕХАНИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

Ключевой задачей менеджмента компаний является создание, практическая реализация и последующая сертификация системы менеджмента качества, обеспечивающая стабильное, устойчивое качество изготавливаемой и поставляемой продукции в течение определенного периода времени (действия контракта, срока выпуска продукции данного вида и т. д.). В этой связи совершенствование СМК является актуальной современной задачей каждой организации.

Гарантом такой стабильности является наличие у фирмы - изготовителя системы менеджмента качества, соответствующей признанным международным требованиям [1].

Работу по совершенствованию СМК предлагается вести по следующим направлениям:

- исследовать сущность и содержание системы менеджмента качества;
- изучить структуру и требования к системе менеджмента качества;
- проанализировать организационную структуру управления и систему менеджмента качества; разработать мероприятия по их совершенствованию.

На ПАО «КМЗ» были обнаружены проблемы функционирования СМК, а именно недостаточный уровень квалификации персонала по качеству и не вовлеченность рабочего персонала по вопросам качества.

Разработаны предложения по совершенствованию СМК и рассчитана их результативность [2]. Предприятию предлагается провести обучение сотрудников для снижения количества выпускаемой бракованной продукции. Приведенный расчет экономической эффективности показал, что предложенное мероприятие будет экономически выгодно для ПАО «КМЗ». Расчет выполнен по следующей формуле:

$$V_{\text{пр}} = V_0 - C_{\text{БСТ}}, \quad (1)$$

Где V_0 – объем выручки, $C_{\text{БСТ}}$ – себестоимость продажи продукции;.

Литература

1. **Ахмин А.** Основы управления качеством продукции. Учебное пособие, изд. «Союз», 2012 г.
2. **Годовой отчет ПАО «КМЗ»** за 2016г., 2017г.

А.Г. Головченко, студ., рук. М.А. Киселева, ст. преп.,(НИУ «МЭИ»)
**КАЧЕСТВО ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ УСЛУГ, КАК
ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЯ**

В настоящее время все более осознается тот факт, что выход на рынок с конкурентоспособным товаром является главным залогом успешной деятельности предприятия. В этих условиях необходимо сформировать такой уровень конкурентоспособности продукции предприятий, который станет стержнем современного рыночного механизма, его доминантной характеристикой, оказывающей существенное воздействие на эффективность их финансово-хозяйственной деятельности.

Конкурентоспособность – это величина, состоящая из нескольких показателей, которые её характеризуют: качество, цена, сервис, маркетинг. Следует отметить, что одни критерии определяют конкурентоспособность продукции и непосредственно влияют на ее изменение, другие – обеспечивают конкурентоспособность продукции и услуг, одним из наиболее влиятельных величин является качество предоставляемой продукции или услуги [1].

Проанализировав конкурентоспособность предприятия на примере ООО «Объединенные Логистические Системы» с помощью метода «SERVQUAL» были выявлены следующие недостатки: низкий уровень качества предоставляемых услуг, низкую узнаваемость компании на рынке.

На основании результатов исследования, были предложены мероприятия: совершенствование мотивации сотрудников в денежном эквиваленте, например, ежеквартальные премии, размер которой зависит от общего объема заказов за квартал, а также премии за достижения в деятельности в компании, также необходимо проводить обучение сотрудников (тренинги, курсы). Немало важным фактором, выступит развитие системы маркетинга в организации, что позволит на основе продуманных маркетинговых мероприятий повысить узнаваемость компании и привлечь новых клиентов.

Таким образом, предлагаемые рекомендации повысят конкурентоспособность предприятия ООО «Объединенные Логистические Системы», так как качество предоставляемых услуг является одним из главных показателей конкурентоспособности предприятия.

Литература

1. **Маврина И. Н.** Конкуренция и конкурентоспособность: учебное пособие / А. Г. Мокроносов, И. Н. Маврина. – Екатеринбург: издательство «Урал», 2014. – 194 с.

Д.М. Щербикина, студ.; рук. М. А. Киселева, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ОСОБЕННОСТИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Возросшая конкуренция на рынке труда предъявляет повышенные требования к профессиональной подготовке человека. Одновременно наблюдается конкуренция и среди образовательных учреждений. Для того чтобы удовлетворить желания в получении образования, а также привлечь потенциальную аудиторию, учебные заведения оказывают образовательные услуги. Руководители данных учреждений должны учитывать ожидаемые и прогнозные потребности конкретных потребителей. Конкурентоспособность образовательного учреждения - способность успешно оперировать на конкретном рынке в данный период времени путем предоставления конкурентоспособных образовательных услуг [1].

Проведя исследование конкурентоспособности ГБПОУ ПК им. Н.Н. Годовикова с помощью swot и радар методик были выявлены такие недостатки: слабая мотивация студентов к трудовой деятельности, не достаточно современно оснащена материально-техническая база колледжа, высокая стоимость обучения и не эффективное размещение рекламы. Основными конкурентами были выявлены колледжи: ГАПОУ города Москвы «Политехнический Колледж № 8, ГБПОУ города Москвы «Западный Комплекс Непрерывного Образования» и т.д. Для завоевания преимущественных конкурентных позиций на рынке образовательных услуг колледжи сотрудничают с социальными партнерами, работодателями и ВУЗами, которые имеют значимые отраслевые позиции. Поэтому можно однозначно сказать, что ГБПОУ ПК им. Н.Н. Годовикова конкурентоспособен.

В ходе исследования определены дальнейшие направления повышения конкурентоспособности колледжа им. Н.Н. Годовикова: совершенствование уровня методического обеспечения, повышение уровня квалификации преподавателей, модернизация МТБ и применение современного программного обеспечения, функционирование СМК образования, привлечение новых социальных партнеров. Эти направления позволяют учебному заведению занять лидирующие позиции в жесткой конкурентной борьбе на рынке образовательных услуг среди учебно - производственного объединения «Авиационно-космического машиностроения».

Литература

1. **Лифиц И.М.** Конкурентоспособность товаров и услуг. – М.: Высшее образование, Юрайт, 2014. - 464 с.

А.Д.Сурова, студ.; Н.Л. Кетоева, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

УПРАВЛЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ (НА ПРИМЕРЕ ООО «АРСЕНАЛ»)

В рыночной экономике основным фактором коммерческого успеха предприятия с любой формой собственности является конкурентоспособность его товаров и услуг, т.е. насколько лучше она аналогов-продукций конкурирующих организаций. В настоящее время термин «конкурентоспособность» стал одним из наиболее употребляемых в научной литературе [1].

Для повышения конкурентоспособности ритуального агентства ООО «Арсенал» был разработан комплекс мероприятий: разработка модели по оптимизации интернет-сайта компании, проведение мероприятий по улучшению сервиса.

Под термином «оптимизация сайта» понимается комплекс целенаправленных мероприятий, призванных повысить уровень «видимости» сайта, а также способствующих налаживанию долгосрочных и взаимовыгодных отношений между компанией и потенциальными потребителями.

Таблица 1 – Расчет экономической эффективности от мероприятия

Показатель	Формула	Расчет	Ед. измерения
Снижение затрат времени на выполнение функций	$C_m = C_{m_до} - C_{m_после}$	$2150 - 2100 = 50$	чел./ч
Условное высвобождение численности	$Эч = Зат/Фвр$	$50 * 7/2080 = 0,169$	Чел.
Прирост производительности труда	$Эч*100/Э_{об} - Эч$	$0,169*100/1 - 0,169 = 16,73$	%
Экономия заработной платы	$Фзп*Эч$	$140000*12*0,169 = 283\ 920$	Руб.
Экономия по страховым взносам	$Эзп*0,30$	$283\ 920*0,30 = 85\ 176$	Руб.
Годовая экономия	$Эзп + Э_{с/в}$	$283\ 920 + 85\ 176 = 369\ 096$	Руб.
Годовой экономический эффект	$Эзп - З$	$369\ 096 - 38\ 500 = 330\ 599$	Руб.
Итого:		330 569	

Можно сделать вывод, что при дальнейшем использовании своих конкурентных преимуществ и внедрении предложенных мероприятий ритуальное агентство ООО «Арсенал» может значительно повысить свою конкурентоспособность, а, следовательно, и прибыль.

Литература

1. **Быков В.А.**- Конкурентоспособность М.: Юнити, 2014.

Д. Г. Тельных, студ.; рук. М.О. Коробко, к.э.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

ПОВЫШЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНА

Сегодня одним из условий стабильного развития региона и государства в целом является активизация инвестиционной деятельности, направленная на привлечение финансовых и материальных ресурсов отечественных и зарубежных инвесторов, а также рациональное их использование в наиболее приоритетных отраслях экономики. Поэтому одним из важнейших и актуальных вопросов в настоящее время является вопрос повышения уровня инвестиционной привлекательности как субъектов, так и страны в целом.

Инвестиционная привлекательность региона - это одна из интегральных характеристик инвестиционного климата; представляет собой совокупность благоприятных для инвестиций факторов (условий) характеризующих инвестиционный климат региона и отличающих данный регион от других. Она определяется инвестиционным потенциалом и инвестиционным риском: чем выше инвестиционный потенциал региона и чем ниже риск инвестиционной деятельности в нем, тем выше его инвестиционная привлекательность и, как следствие, тем выше инвестиционная активность в регионе. Следовательно, этот показатель отображает выгодность или невыгодность вложения денежных средств в данный экономический район, сопровождающие этот процесс риски и возможные перспективы развития региона[1].

В нынешних социально-экономических условиях высокая инвестиционная привлекательность региона становится важнейшим средством достижения экономического прорыва в регионе, осуществления структурных сдвигов в экономике, внедрения инновационных средств технического прогресса, улучшения количественных и качественных показателей деятельности региона. Именно поэтому возникает необходимость оценки и разработки мер, направленных на повышение инвестиционной привлекательности региона, как самостоятельного хозяйствующего субъекта, определяющего благосостояние и социально-экономическое развитие России в целом[2].

Литература

1. **Литвинова В.В.** Инвестиционная привлекательность и инвестиционный климат региона: монография. М.: Финансовый университет, 2013. -116 с.
2. **Новиков А.В.** Инвестиционная привлекательность региона: учеб. пособие / отв. ред. Ю.В. Гусев. Новосибирск: НГАЭиУ, 2015. 142 с.

А.Г. Арутюнян, студ.; рук. М.О. Коробко, к.э.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИМИДЖА АВИАКОМПАНИИ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ АВИАТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

Сегодня в условиях интенсификации конкуренции на зарубежных и отечественных рынках одним из стратегических факторов развития организации становится ее имидж, который обеспечивает рост конкурентоспособности организации, повышает ее стоимость, создает привлекательность организации как работодателя и влияет на отношения с различными группами общественности. Поэтому создание и поддержание устойчивого позитивного имиджа отличного от конкурентов является одной из актуальных и важнейших задач современного управления организацией, требующих решения.

Имидж - это формируемый в массовом и индивидуальном сознании и имеющий характер стереотипа сильно эмоционально окрашенный образ чего-либо или кого-либо. Он вбирает в себя различные параметры объекта, стараясь именно через них продемонстрировать индивидуальность. Например, имидж авиакомпании тесно связан с такими параметрами, как стоимость перевозки, непосредственное обслуживание, удобство расписания, возможность покупки нужного тура, безопасность, комфортабельность залов ожидания и салонов самолетов, дизайн воздушных судов, социальный престиж авиакомпании во многом формируется ими[2].

Имидж формируется на основе личных контактов с организацией, слухов и сообщений СМИ, а также рекламными и PR-кампаниями организации в СМИ. Как правило, авиакомпании для формирования и поддержания своего образа используют следующие инструменты: фирменный стиль, реклама в СМИ, авиареклама, привлечение медийного лица, печатная реклама, программы лояльности и благотворительность[1].

Имидж нуждается в постоянной оценке и коррекции. Результаты его оценки позволяют определить достигнутый уровень имиджа организации и выявить направления совершенствования и развития имиджа на будущие периоды. Чаще всего оценка имиджа организации производится по разрабатываемым показателям, характерным для организации определенной отрасли, по бальной шкале.

Литература

1. **Алешина И. В.** Паблик рилейшнз для менеджеров и маркетеров. / И. В. Алешина. – М.: Тандем: Гном-Пресс. – 2016. – 255 с.
2. **Джи Б.** Имидж фирмы. Планирование, формирование, продвижение / Б. Джи. – СПб.: Питер, 2016. – 158 с.

И.Г. Попова, студ.; рук. М.О. Коробко, к.э.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФИРМЕННОГО СТИЛЯ КРЕДИТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Сегодня в условиях жесткой конкуренции на розничном рынке клиенты часто ориентируются при выборе банка не на финансовые показатели кредитных организаций и даже не на параметры предлагаемых розничных продуктов и услуг, а на эмоциональное, визуальное и вербальное восприятие банка, складывающееся в первую очередь под воздействием его фирменного стиля.

Фирменный стиль банка – это комплекс визуальных, изобразительных и информационных средств, совокупность элементов графики и цветовых решений, при помощи которых возможно подчеркнуть уникальность банка, его отличия и преимущества, рассказать о конкурентоспособности, стабильности, финансовом успехе. Он исполняет роль «визитной карточки» организации, по которой ее можно идентифицировать относительно конкурентов. У любого успешного банка должен быть единый стиль во всем, от бланков документации до дизайна рабочей одежды персонала, т.к. соблюдение фирменного стиля банком положительно влияет на отношение к нему потребителей, их доверие и признание, а также значительно повышает эффективность рекламы [1].

Чтобы создать фирменный стиль для банка необходимо учесть тот факт, что он должен производить впечатление имиджа состоятельной и финансово обеспеченной компании.

Носителем фирменного стиля банка может быть иллюстративно-имиджевый ряд, дизайн интерьера, дизайн внутренней и деловой документации, дизайн фирменных сувениров, дизайн официального Интернет-сайта, дизайн офисной одежды сотрудников и т.п. [2].

Таким образом, профессионально и грамотно разработанный дизайн фирменной символики является сегодня основой всей коммуникационной политики фирмы, одним из главных средств борьбы за покупателя, важной составляющей брендинга. Однако важно не только разработать, но и правильно донести фирменный стиль до общества, обеспечить его закрепление в сознании целевой аудитории компании.

Литература

1. Туэмлоу Э. Графический дизайн. Фирменный стиль, новейшие технологии и креативные идеи. – М.: Астрель, 2015. – 256 с.
2. Шарков Ф.И. Принципы создания фирменного стиля организации. – М.: Акад. Проект, 2016.

А.А.Иванченко, студ.; рук. М.О.Коробко, к.э.н.,ст.преп. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА РЕКЛАМНОЙ КАМПАНИИ ФИРМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ

Чтобы быть успешной на рынке сегодня фирме недостаточно только производить высококачественную продукцию и заниматься ее эффективным сбытом. Она должна информировать потребителей о себе и своих товарах (об их преимуществах), добиваться своего четкого позиционирования в сознании потребителей, т.е. активно заниматься продвижением своих продаж и себя на рынке.

Фирмы для информирования и убеждения аудитории применяют различные инструменты продвижения. Реклама занимает особое место среди средств продвижения, т.к. призвана решать наиболее сложную и труднореализуемую в маркетинговой деятельности задачу - формировать и стимулировать спрос[1].

Интернет-реклама как и любая другая реклама, выполняет функцию позиционирования на рынке той или иной компании и её главной задачей является увеличение объема продаж. На сегодняшний день она является самым быстроразвивающимся и самым оптимальным видом рекламы по таким показателям, как стоимость целевого контакта и возможность оперативного вмешательства в ход проведения рекламной кампании. Ее аудитория постоянно растет количественно и качественно: размещая рекламу в Интернете, компания обращается к рынку в 70 миллионов человек, которые посещают свыше миллиона сайтов ежемесячно[2].

Современные рекламные кампании в Интернете представляют собой сложный комплекс маркетинговых мероприятий, включающий в себя различные Интернет-технологии (инструменты Интернет-рекламы), основные из которых следующие: контекстная реклама; баннерная (медийная) реклама; почтовая e-mail-рассылка; SEO-оптимизация; реклама в социальных сетях (SMM); программатик[1].

Таким образом, чтобы поддерживать статус и свое место на рынке, фирмам различных отраслей необходимо своевременно оптимизировать свои рекламные кампании под интересы целевой аудитории и современные технологии, таких как Интернет-коммуникации.

Литература

1. **Алашкин П.** Всё о рекламе и продвижении в Интернете / Павел Алашкин. - М.: "Альпина Диджитал", 2014. - 394 с.
2. **Буренина Т. А.** Маркетинг на базе Интернет-технологий. – М. : Благовест-В, 2015. – 152 с.

А.В. Рязанцев, студ.; рук. Н.Д. Кетоева, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ДИАГНОСТИКА КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ СПБ ГУДП
 «ПУТЬ»**

На сегодня одной из важнейших управленческих проблем является проблема кадровой политики на предприятии.

При проведенном аудите персонала ГУДП «Путь» выявлены следующие проблемы:

- устаревание кадрового состава предприятия;
- отсутствие обновления персонала ГУДП «Путь».

Мотивационная схема, применяемая для персонала ГУДП «Путь» требует пересмотра. По результатам анкетирования по определению коэффициента удовлетворенности персонала сотрудники удовлетворены системой мотивации ГУДП «Путь» только на 42,1%. Коэффициент текучести персонала составил 2,74%.

Автором был предложен комплекс мероприятий (рис. 1), направленный на повышение эффективности работы персонала, что явилось основой для роста экономических показателей ГУДП «Путь» (чистая прибыль увеличилась на 8,1%).

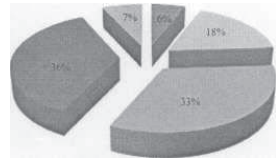


Рис. 1. Анализ кадрового состава по возрасту:
 18-25 лет - 6%; 25-35 лет - 18%; 35-45 лет - 33%; 45-60 лет - 36%; больше 60 лет - 7%.

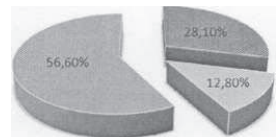


Рис. 2. Анализ должностного состава увеличившихся на предприятии: квалифицированные рабочие - 56,60%; специалисты - 28,10%; инженеры - 12,80%.



Рис.3. Предложенный механизм по совершенствованию кадровой политики ГУДП «Путь»

По итогам внедрения данного комплекса мероприятий было затрачено 437,9 млн. руб., расчет рентабельности дал положительный результат и составил $R=1,53$, что говорит об эффективности использования мотивационного механизма.

Литература

1. **Ивановская Л.В.,** Кибанов А.Я. Кадровая политика и стратегия -2012.-72 с.
2. **Николаева Е.В.** Кадровая политика – пункт пересмотра//ЖУК-2008 -№3.

А.Р. Антонова, студ., рук. Н.Л. Кетоева, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МЕТОДОВ
 СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ДЕТЕЙ-ИНВАЛИДОВ**

В современной Российской Федерации особую остроту приобретают проблемы детей-инвалидов, наблюдается тенденция роста их числа. Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью в целенаправленной рационализации государственной программы в сфере социальной защиты, а также совершенствовании учреждений, занимающихся социализацией и обучением детей-инвалидов.

По данным статистики Минтруда РФ - 1 083 000, 0 - граждане, получившие свою инвалидность с детства, их численность составляет 9,21% от общего количества инвалидов [1]. На 01.01.2018г. детей инвалидов до 18 лет в РФ-655 000,0 это 5,6 % от общего числа инвалидов (таб.1).

Таблица 1. Численность детей-инвалидов за период 2014-2018гг. по данным Минтруда России

Численность детей инвалидов, состоящих на учете в системе пенсионного фонда РФ					
Год	2014	2015	2016	2017	2018
Кол-во	580000	605000	617000	636000	655000
Результаты первичных освидетельствований детей в возрасте до 18 лет и признаны инвалидами по категории «ребенок-инвалид»					
Год	2014	2015	2016	2017	2018
Кол-во	70 734	72 801	69 805	73 106	76 088

Таким образом, проанализировав основы государственной политики в сфере социальной защиты детей-инвалидов, имеется необходимость в целенаправленной работе над механизмом решения вопросов социальной защиты детей-инвалидов, также необходимо разработать методы по совершенствованию учреждений, занимающихся работой с детьми с ограниченными возможностями.

Проблемы в сфере социальной защиты детей-инвалидов весьма разнообразны. Для решения данных проблем в работе были предложены мероприятия по совершенствованию специальной подготовки детей-инвалидов, для возможности расширить границы доступного им мира, приобщиться к современным достижениям цивилизации, найти себя в предстоящей взрослой жизни.

Литература

1. **Федеральный закон** от 24.11.1995 № 181-ФЗ "О социальной защите инвалидов в Российской Федерации" (в ред. от 04.07.2017).

К.В. Куприянова, студ.; рук. Н.Л. Кетоева, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ТОВАРНЫМ
АССОРТИМЕНТОМ НАПРЕДПРИЯТИИ

В современных условиях наиболее актуальной задачей для торговых предприятий является управление товарным ассортиментом.

Актуальность выбранной темы несомненна, поскольку любому торговому предприятию, для того чтобы развиваться и преуспевать, необходимо правильно проанализировать предлагаемый потребителям ассортимент продукции и принять решение либо о продолжении продажи товара, либо о снятии его с реализации и исключении из номенклатуры.

Цель работы разработка и обоснование мероприятий, направленных на совершенствование товарного ассортимента ООО АПХ «Мираторг».

Показателями товарного ассортимента являются широта, полнота, устойчивость, новизна, структура, глубина и рациональность[1]. Показатель рациональности является основным и рассчитывается по формуле:

$$K_p = K_{ш} * Z_{ш} + K_{п} * Z_{п} + K_{у} * Z_{у} + K_{н} * K_{н} \quad (1)$$

$K_{ш}$ - коэффициент широты, $K_{п}$ - коэффициент полноты, $K_{у}$ - коэффициент устойчивости, $K_{н}$ - коэффициент новизны, $Z_{ш,п,у,н}$ « - коэффициенты весомости показателей устойчивости, новизны и глубины.

В работе были рассчитаны показатели товарного ассортимента ООО АПХ «Мираторг» и предложены мероприятия по совершенствованию управления ассортиментом. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1-Результат предложенных мероприятий

Показатель	Значение до проведения мероприятий	Значение после проведения мероприятий	Изменение
Широта	0,56	1	+78%
Полнота	0,57	0,62	+9%
Новизна	0,117	0,05	-43%
Рациональность	0,54	0,651	+20%

Широта ассортимента увеличится на 78%, полнота увеличится на 9 %, новизна увеличится на 5 %, рациональность увеличится на 20%. Увеличение показателей товарного ассортимента положительно скажется на всей деятельности предприятия, повысится удовлетворение спроса покупателей, а, следовательно, вырастет прибыль и показатели рентабельности.

Литература

1. **Николаева М.А.** Теоретические основы товароведения: учебник для вузов /- М.: Норма, 2016

Т.Ю. Бодрова студ.; рук. М.Н.Мызникова, к.э.н., доц.(НИ У «МЭИ»)

ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ ПРЕДПРИЯТИЯ ЗА СЧЕТ УЛУЧШЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА

Использование кадрового потенциала для повышения конкурентных преимуществ в условиях франшизы является основным инструментом для повышения конкурентоспособности организации.

Анализ теоретических основ и определений кадрового потенциала (КП) позволил заключить, что КП - это совокупность физических и интеллектуальных качеств человека, определяющих возможность и границы его участия в трудовой деятельности, способность достигать в определенных условиях существенных результатов, а также совершенствоваться в процессе труда [1].

Анализ методов оценки КП позволил применить экономико-математический подход и разработать инструмент оценки КП организации. Взаимосвязь критериев оценки конкурентных преимуществ (средней чек, выручка, повторные посещения, полезная отдача, анализ жалоб и результатов выборочного обзвона и др.) и количественно-качественных факторов КП осуществлена на основе применения метода анкетирования и матричного метода.

Для подсчета итогового показателя кадрового потенциала, в данной работе автор использует интегральный подход. В общем виде интегральный показатель КП организации можно определить по следующей формуле [2]:

$$P = \sum_{\alpha=1}^n Ki * \alpha i, \quad \dots\dots\dots (1)$$

где P - интегральный показатель кадрового потенциала;

n - количество показателей;

Ki - i-ый показатель кадрового потенциала;

α - коэффициент (критерий) значимости i-го показателя;

причем $0 < \alpha < 1$, $\sum \alpha = 1$.

Данный инструмент показал свою практическую применимость.

Литература

1. **Маслова В.М.** Управление персоналом: учебник и практикум для академического бакалавриата/В.М. Маслова. - М.: Из-во Юрайт, 2016. - 492 с.
2. **Ибрагимов А. У., Ибрагимова Л. А., Каравасева М. В.** Сущность и структура кадрового потенциала/А.У. Ибрагимов: статья, ВЕСТНИК ВГУ. Серия: Экономика и управление. 2014. № 2.

А.И. Самылов, студ.; рук. В.В. Жуков, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА
КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ ООО «ГАЗПРОМ
ПХГ»«ИТЦ»**

Система менеджмента качества, сформированная на предприятии, как и любой другой бизнес-процесс, включает в себя определенные методы реализации, которые в балансе использования формируют методологию организации системы менеджмента качества [1]. В этой связи актуальной проблемой является постоянное совершенствование СМК.

Система качества услуг ООО «Газпром ПХГ» «ИТЦ» сформирована в рамках бизнес-модели предприятия. Бизнес-модель предприятия, с одной стороны, описывает ценность, которую ООО «Газпром ПХГ» «ИТЦ» предлагает клиентам, с другой, отражает организацию внутренних бизнес-процессов.

Предприятие ООО «Газпром ПХГ» «ИТЦ» ориентировано на повышение конкурентных позиций на рынке услуг газоснабжения на средне и долгосрочную перспективу, а также на наращивание прибыли и повышение оборота услуг за счет удержания постоянных и привлечения новых клиентов [2].

В рамках предложений по совершенствованию системы менеджмента качества предложено реализовать проект: «Создание на предприятии ООО «Газпром ПХГ» «ИТЦ» усовершенствованной системы менеджмента качества».

В целях совершенствования системы менеджмента качества ООО «Газпром ПХГ» «ИТЦ» также предложено реализовать следующие мероприятия по управлению качеством:

- разработать политику в области качества с ориентацией на совершенствование технологии управления процессами повышения качества услуг и взаимоотношений с клиентами;
- разработать матрицу качества с включением критериев ИТ-систем в производстве филиала «ИТЦ» в увязке с обновлением электронного документооборота DFSCardGenerator;
- внедрить новую штатную должность - контролера.

В работе рассчитаны затраты и эффективность рекомендаций по усовершенствованию СМК.

Литература

1. **Глазунов А.В.** Качество в эпоху скитаний «новой» российской экономики // Методы менеджмента качества. - 2017.
2. **Официальный сайт ООО «Газпром ПХГ» «ИТЦ»** [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://ugs.gazprom.ru/>.

Л.В. Приходько, рук. М. А. Киселева, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА УНИВЕРСИТЕТОВ

Кадры государственного учреждения имеют огромное значение. Без квалифицированных кадров ни одна организация не сможет достичь своих целей. Хорошее государственное учреждение стремится максимально эффективно использовать потенциал своих работников, одним из которых является повышение квалификации.

Повышение квалификации в университете - непрерывный процесс, который может заключаться как в новых концепциях, так и в стандартных подходах. Каждый сотрудник должен проходить курсы повышения квалификации 1 раз в 3 года[1].

В университете существуют следующие виды повышения квалификации (Таблица 1).

Таблица 1 Виды повышения квалификации

№	Виды повышения квалификации
1.	Различные образовательные программы, проводимые на базе вузовских подразделений
2.	Научные или же педагогические и целевые стажировки
3.	Образовательные программы
4.	Совместная исследовательская и научная деятельность
5.	Мероприятия по повышению квалификации в выездном формате
6.	Индивидуальные стажировки в подразделениях и филиалах вузов
7.	Дистанционные интерактивные программы образования

Самый эффективный вид повышения квалификации применительно к государственному учреждению, по мнению автора: образовательные программы. Этот вид включает в себя и семинарские лекционные группы, и групповые тренинги, и мастер-классы, которые проводят в профильных подразделениях и филиалах вузов. Данный вид повышения квалификации дает наибольший эффект при изучении и проработке сложного материала и формировании нужных установок: развивает профессиональную компетентность, повышает профессиональный уровень подготовки.

Таким образом, ежегодное повышение квалификации обеспечит сотрудникам необходимый уровень знаний и компетенций в изученной области, что повлияет на эффективность реализации программы развития университетов, а именно показателе результативности научно-инновационной деятельности.

Литература

1. **Лукичева Л.И.** Управление персоналом. Учебное пособие. – М: МИЭТ, 2016 – 121 с.

П.А. Костиков, студ.;рук. Н.Ф. Солдатова, к.э.н., доц.(НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА И ОРГАНИЗАЦИЯ РЕКЛАМНОЙ КАМПАНИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

«Рекламная кампания - это комплекс взаимосвязанных, скоординированных действий, разрабатываемых для достижения стратегических целей и решения проблем компании, и являющихся результатом общего рекламного плана для различных, но связанных друг с другом рекламных обращений, размещенных в различных рекламных носителях в течение определенного периода времени». [1]

На сегодняшний день рекламная кампания - это, прежде всего, комбинация всевозможных мероприятий, которые объединены одной идеей, а также тематикой. Все мероприятия направлены на получение положительного эффекта, необходимого рекламодателю. В современном мире сама разработка рекламной кампании, а также ее проведение в рамках какой-либо идеи занимают определенный период времени. При этом чрезвычайно важно помнить, что каждый последующий маркетинговый ход непосредственно в рамках одной кампании обязательно должен быть хоть как-то связан с предыдущим, а также взаимно дополнять его. [2]

Эксперты предлагают следующую последовательность действий при разработке плана рекламной кампании:

1. Постановка задачи рекламной кампании.
2. Стратегия и тактика рекламной кампании.
3. Осуществление рекламной кампании.
4. Анализрекламной кампании. [3]

Оценка эффективности рекламных вложений с помощью индекса роста прибыли:

$$I = (Пт2 - Пп 1) / Пп * 100\%, \quad (1)$$

где: I - индекс роста прибыли в результате проведения рекламной кампании или периода, %; Пт2 - прибыль в текущем периоде; Пп1 -прибыль в предыдущем периоде.

Литература

1. **Горчакова, В. Г.** Прикладная имиджология / В.Г. Горчакова. - М.:Феникс, 2016. - 480 с.
2. **Васильев, Г. А.** Технологии производства рекламной продукции / Г.А. Васильев, В.А. Поляков. - Москва: Наука, 2014. - 272 с.
3. **Богданов Е.Н. Зазыкин В.Г.** Психологические основы «Пабликрилейшнз». [Текст] - СПб.: Питер, 2016.

Д.Ю. Белкина, студ.; рук. Е.В. Суворова, ст.преп. (НИУ«МЭИ»)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПАССАЖИРСКО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ Г. МОСКВА

Ни одно государство в мире в своем историческом развитии не обходилось и не обойдется без развитой транспортной инфраструктуры. В жизнь современного города важной составной частью вошел пассажирский транспорт, основной задачей которого является обеспечение потребности населения в перевозках при систематическом улучшении качества обслуживания пассажиров.

Транспортная подвижность жителей и средняя дальность их поездок растет по мере роста численности и городской территории. В соответствии с этим дальнейшее развитие, совершенствование и улучшение качества обслуживания пассажирских перевозок актуально для изучения и реализации.

Городской пассажирский транспорт является важнейшим и капиталоемким элементом транспортной инфраструктуры. Любые отклонения от нормального его функционирования остро ощущаются населением [1].

Транспортная система города должна обеспечивать бесперебойное, безопасное своевременное перемещение людей и грузов. По существующим нормативам предельные затраты времени передвижений на работу в одну сторону зависят от величины города и в крупнейших городах для 90% пассажиров не должны превышать 40 мин. Однако этот норматив не связан с другими качественными показателями транспортного обслуживания:

- наполнением подвижного состава;
- регулярностью;
- скоростью сообщения.

Москва имеет огромный потенциал для развития транспортной системы. На основе анализа и проведения объективных мероприятий, а также внимания непосредственно к нуждам населения, возможно, добиться высоких результатов [2].

Литература

1. **Л.Б. Миротин.** Логистика. Общественный пассажирский транспорт / - М.: Экзамен, 2015. - 224 с.
2. **С.Э. Сханова, О.В. Попова, А.Э. Горев.** Основы транспортно-экспедиционного обслуживания / - М.: Academia, 2016. - 432 с.

И.А.Портнов, студ., рук. А. Г. Бадалова, д.э.н., проф.(НИУ «МЭИ»)

К ВОПРОСУ О ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕГУЛИРОВАНИИ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Сохранение и развитие Байкальского региона требует комплексного подхода в решении имеющихся и возникающих проблем.

В первую очередь, необходимо выработать единый правовой механизм развития и защиты Байкальской природной территории, предусматривающий эффективные меры законодательного регулирования, как на федеральном, так и на региональном уровнях.

Все задачи по сохранению Байкала и пути их решения, должны рассматриваться с участием представителей законодательной, исполнительной власти, органов местного самоуправления, а также науки и общества.

Практика реализации программ по охране озера Байкал показала, что существуют проблемы государственного регулирования в области охраны озера Байкал.

Все чаще высказываются сомнения в эффективности правового механизма, который носит ярко выраженный запретительный характер.

Несовершенство экологического законодательства Байкальской природной территории нередко приводит к дисбалансу интересов проживающих на ней жителей. Примером тому может служить запрет на отлов рыбы местным населением.

В настоящее время необходима разработка системы правовых мер в области государственного регулирования и обеспечения экологической безопасности Байкала, направленных на гармоничное сочетание потребностей социально-экономического развития Байкальской природной территории и сохранения ее экологической системы.

Литература

1. **Мишуков Д.М.** Изменения системы государственного управления водными ресурсами 2016

Д.С. Масальский, студ., рук. Н.Ф. Солдатова, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Рост и дифференциация спроса на все виды информации, научную, техническую, экономическую, а также повышение требований к содержанию и формам представления данных являются серьёзными стимулами развития рынка информационных технологий. Владение достоверной и актуальной информацией вместе с умением эффективно применять методы и средства ее сбора, преобразования и передачи служит основой успешной деятельности любых организаций.

Автоматизированная информационная технология представляет собой совокупность методов и способов сбора, передачи, накопления, хранения, поиска и обработки информации на основе применения средств вычислительной техники и связи. Посредством различной техники начальные исходные данные обрабатываются и превращаются в составляющую нужной конечной информации.

Информационная технология должна отвечать следующим требованиям: обеспечивать высокую степень разделения всего процесса обработки информации на этапы, операции, действия; включать набор элементов, необходимых для достижения поставленной цели; иметь регулярный характер [1].

Главной целью создания автоматизированной информационной технологии в управлении является своевременное предоставление достоверной информации специалистам и руководителям для принятия обоснованных управленческих решений. Подобная автоматизация позволяет повысить эффективность управления компанией за счёт обеспечения руководителей и специалистов полной и достоверной информацией; улучшить делопроизводство при помощи оптимизации и стандартизации документооборота, автоматизацию наиболее трудоёмких процедур; снизить расходы на ведение дел за счёт автоматизации процессов обработки информации, упрощения доступа сотрудников компании к нужной информации; повысить эффективность обмена данными между отдельными подразделениями, филиалами; гарантировать полную безопасность и целостность данных на всех этапах обработки информации.

Литература

1. **Г.А. Титоренко.** Автоматизированные информационные технологии в экономике. Москва: Юнити, 2007.

С.Н.Зуева, студ., рук. Н.Л. Кетоева, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МЕТОДОВ
СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ДЕТЕЙ**

В соответствии с ФЗ № 159 «О социальной поддержке детей», защита прав ребенка в современной России является актуальной проблемой, порождена она явным неблагополучием несовершеннолетних, как в обществе, так и в семье. Социальная защита детей - одна из важнейших задач государства и общества.

Научная проблема заключается в том, что дети, являясь будущим человеческим капиталом, служат одним из основных детерминантов, как индивидуального благосостояния, так и общего экономического развития, и роста. Формирование квалифицированного и высокообразованного человеческого капитала имеет значимость для социального и экономического развития нашей страны, особенно учитывая наблюдаемое сегодня снижение численности населения[1]. Согласно данным федеральной службы государственной статистики по угрозам для детей в регионах РФ:

- в семье: -физическое насилие (за 2017 год пострадало 500 тыс. детей, погибло 149 тыс.), -психическое насилие (пострадало, более 600 тыс. детей), -сексуальное насилие над детьми (более 320 тыс.);

- в дошкольных учреждениях и школах страдают более 600 тыс. детей (зафиксированные случаи): -беззащитность, унижение самооценки, оскорбления, несправедливость со стороны воспитателей/учителей, физическое насилие. Общественный транспорт, ДТП: только на 2017 год насчитывается более 1 млн. случаев.

Таким образом, рассмотрев и проанализировав основы государственной политики в сфере социальной защиты детей, сегодня имеется необходимость в целенаправленной работе по совершенствованию законодательства и рационализации материальных средств, расходуемых на социальную защиту детей, в поиске новых источников финансирования. Обеспечение безопасности детей сегодня остается одной из важнейших задач.

Угрозы в сфере защиты детей весьма разнообразны. На сегодня для государства это действительно проблема, с каждым годом показатели растут, беспризорность и безнадзорность детей (по оценкам МВД и Генпрокуратуры их число достигает 2-2,5 млн.), дети сироты, бездетность, все это важные показатели, как в социально-экономической отрасли, так и в демографической.

Литература

1. **Великжанина К.А.** Эффективность форм социальной работы с многодетными семьями: субъективный аспект / К.А. Великжанина, И.В. Антонович // Тр. молодых ученых Алтайского гос. ун-та. – 2015г. – С. 49-56.

Секция 31
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Руководитель секции: Минзов Анатолий Степанович
Секретарь секции: Селиверова Екатерина Александровна

*С.А. Минзов, студент; рук. О.Р. Баронов, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

УПРАВЛЕНИЕ СОБЫТИЯМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В SIEM-СИСТЕМАХ

В настоящее время ИТ-инфраструктура современных компаний весьма разнообразна, при этом, с развитием технологий, главной проблемой построения защиты стало не отсутствие информации, а её обработка. Число источников, обеспечивающих поступление актуальной информации по текущему состоянию защищенности, непрерывно растет. В этих условиях впору задуматься о системах класса *Security Information and Event Management (SIEM)* [1,2].

Цель данной работы заключается в разработке алгоритма управления событиями информационной безопасности с использованием SIEM-систем и оценка его значимости на отдельных моделях атак на информационные системы.

Достижение этой цели предполагает проведение аналитического обзора по современному состоянию SIEM-систем, а также практическую работу с наиболее популярными приложениями *SearchInform SIEM, КОМРАД (НПО «Эшелон»)* и другими доступными системами.

Полученные результаты исследований будут использованы при настройках правил обнаружения атак на информационные системы, а также при подготовке аналитиков SIEM-систем. Для этого предполагается разработка комплекса лабораторных работ по профилю обучения «Безопасность компьютерных систем» (раздел «Системы управления событиями информационной безопасности»). Основные этапы работы включают:

1. Классификацию событий информационной безопасности и анализ существующих SIEM по разработанным критериям их оценки.
2. Разработку сценариев генерации событий информационной безопасности.
3. Разработка алгоритма работы с SIEM-системой при решении различных задач проактивной защиты и комплекса лабораторных работ по подготовке аналитиков SIEM-систем.

Литература

1. Дрозд А. Обзор SIEM-систем на мировом и российском рынке / Аналитический центр Anti-Malware.ru. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.anti-malware.ru/analytics/> 2014.
2. Федорченко А.В., Левшун Д.С., Чечулин А.А., Котенко И.В. Анализ методов корреляции событий безопасности в SIEM-системах. Часть 1. // Труды СПИИРАН. 2016. Вып. 47. С. 5-27.

*К.В. Вахлаков, студент; рук. А.Ю.Невский, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ И МЕТОДИК ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЯХ

В настоящее время резко повысилась актуальность обеспечения кибербезопасности объектов критической инфраструктуры вследствие появления ряда законодательных и нормативных документов, обязательных для исполнения.

Без эффективной системы обеспечения информационной безопасности (ИБ) невозможно сохранить целостность данных, избежать утраты ценной информации, а, значит, и финансового, репутационного и др. ущербов для организации. При этом, эффективность такой системы может быть оценена методами математического моделирования. В процессе моделирования эффективности систем обеспечения ИБ зачастую приходится иметь дело с параметрами, имеющими вероятный характер. Для исследования таких систем предпочтительным является метод имитационного моделирования.

Целью работы является разработка алгоритмов и методик оценки эффективности систем обеспечения информационной безопасности и их тестирование на имитационных моделях.

Для реализации данной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Проанализировать требования безопасности объектов критической информационной инфраструктуры.
2. Разработать алгоритм системы выполнения этих требований.
3. Определить критерии эффективности системы.
4. Исследовать разработанный алгоритм методом имитационного моделирования.

Реализация проекта обеспечит оценку эффективности системы обеспечения информационной безопасности объекта критической информационной инфраструктуры, при необходимости позволит обосновать актуальность создания системы информационной безопасности руководству и персоналу предприятия. Разработанная математическая модель может быть применима на практике и позволяет оценивать относительную трудоемкость выполнения требований обеспечения ИБ.

Литература

1. **Нурдинов Р.А.** Оценка рисков безопасности информационной системы на основе модели деструктивных состояний и переходов // Материалы конференции ИБРР-2015. СПОИСУ. - СПб, 2015. - С. 372-373.
2. **Бураева Л.А.** О некоторых вопросах обеспечения кибербезопасности в современных условиях // Теория и практика общественного развития. – 2015. – № 13. – С. 96-99.

*А.А. Геттингер, студентка; рук. О.Р. Баронов, к.т.н., доц.
(НИУ МЭИ, Москва)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ МНОГОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА СТЕНДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСА «ЭКОФИЗИКА-110А»

Акустический и виброакустический каналы остаются актуальными за счет бурно развивающихся средств негласного съема речевой информации[1].

Успехи в материаловедении позволяют создавать эффективные пассивные методы защиты акустических сигналов на основе многослойных композитных материалов[2]. Это требует разработки научно-методического подхода к изучению их защитных свойств.

Целью работы является исследование свойств многослойных композитных материалов для использования их при организации пассивной защиты объектов информатизации за счет использования эффектов звукоизоляции, звукопоглощения, звукоотражения.

Для достижения этой цели необходимо решить ряд задач:

- анализ свойств композитных многослойных материалов, и технических характеристик и возможностей комплекса «Экофизика-110А»;
- разработка структуры стенда по изучению защитных свойств материалов с использованием комплекса «Экофизика-110А» и его реализация;
- планирование, организация и проведение эксперимента и разработка математической модели оценки защитных свойств материала на различных октавных частотах;
- разработка рекомендаций по внедрению новых многослойных композитных материалов в системе пассивной защиты объектов информатизации.

Результатами исследования будут являться:

Математическая модель оценки защитных свойств многослойных композитных материалов и рекомендации по ее практическому применению.

Литература

1. Бузов Г.А. Защита информации ограниченного доступа от утечки по техническим каналам. М.: ООО «Издательство Машиностроение», 2017 — 589с.
2. Хорев А.А. Технические каналы утечки акустической (речевой) информации//Специальная техника. – М.: 2009. – № 5 – С. 12 – 26.

*С.В. Шмелев, студент, рук. А. С. Минзов. д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАССЛЕДОВАНИЯ ИНЦИДЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Большинство современных стандартов в области менеджмента инцидентов информационной безопасности уделяют мало внимания их расследованию. Основной акцент в них делается, как правило, на процессы управления, при этом практически не рассматриваются технические аспекты процесса сбора и анализа цифровых доказательств, а также использования мониторинга информационной безопасности при осуществлении расследований. Это и определяет актуальность выбранной темы исследования.

Цель работы: на основании исследования технологий сбора и анализа компьютерной информации при проведении расследований разработать алгоритм сбора информации и анализа полноты, достаточности и аргументированности доказательной базы инцидента при различных сценариях его реализации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) провести анализ технологий мониторинга, способов сокрытия доказательств и методов исследования компьютерной информации;
- 2) проанализировать различные сценарии инцидентов и выявить их характерные черты, имеющие значение при расследовании;
- 3) разработать алгоритм сбора информации и анализа полноты, достаточности и аргументированности доказательной базы инцидента при различных сценариях его реализации;
- 4) провести тестирование разработанного алгоритма на моделях инцидентов.

Использование подхода, основанного на мониторинге, обеспечивает сбор доказательств на ранних этапах развития инцидента, что позволяет минимизировать вероятность уничтожения или изменения доказательств злоумышленником или в ходе реагирования на инцидент и уменьшить ущерб за счёт более раннего применения мер по закрытию инцидента.

Результаты работы могут быть использованы в качестве методического пособия при создании системы мониторинга и расследовании инцидентов информационной безопасности.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002-2012 "Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Свод норм и правил менеджмента информационной безопасности"

*А.А. Кондурков, студент; рук. П.Б. Хорев, к.т.н., доц.
(НИУ “МЭИ”, Москва)*

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБУЧЕНИЯ АДМИНИСТРИРОВАНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Операционные системы являются сложным программным обеспечением, которые включают в себя множество конфигураций и различные средства защиты. Они включают в себя следующие компоненты безопасности:

1. Межсетевой экран.
2. Средства антивирусной защиты.
3. Средства контроля доступа, средства идентификации, проверки подлинности, авторизации и унификации.
4. Средства криптографической защиты, которые включают в себя шифрование носителей информации.
5. Средства резервного копирования и восстановления данных.
6. Средства мониторинга системы и безопасности.

При неправильной настройке этих компонентов защиты, вся система может быть подвержена угрозам безопасности [1,2].

Цель работы: на основе изучения задач администрирования и анализа средств безопасности операционных систем (ОС), разработать научно-методическое обеспечение для обучения администраторов безопасности ОС методам и технологиям защиты ОС встроенными средствами защиты.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести обзор и анализ задач администрирования безопасности операционных систем.
2. Разработать алгоритм последовательности действий по настройке средств защиты и обеспечению безопасности ОС.
3. Разработать рекомендации по практическому использованию предложенного научно-методического обеспечения.

Полученные результаты могут быть использованы для создания лабораторного практикума и включение его в программу учебной дисциплины «Администрирование операционных систем» для подготовки специалистов по направлению «Информационная безопасность» в высших учебных заведениях и в программы повышения квалификации и переподготовки специалистов в учебных заведениях дополнительного образования.

Литература

1. **Томас А. Лимончелли, Кристина Хоган.** «Системное и сетевое администрирование. Практическое руководство»
2. **William Stalling.** «Operating Systems: Internals and Design Principles»

*И. В. Даньшин, студ.; рук. О.Р. Баронов, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОИСКОВОГО ПРИБОРА ST 031 “ПИРАНЬЯ”

Существует большое множество технических каналов утечки информации. И для каждого из каналов утечки существует определенное техническое средство для их выявления. При этом функциональные возможности поискового оборудования, чаще всего, являются узконаправленными и специализированными для каждого из этих каналов. Помимо этого, не все поисковые комплексы возможно применять в полевых условиях. В качестве аналога возможно использование компактных многофункциональных приборов. В приборе ST 031 “Пиранья” отсутствуют недостатки характерные для стационарного поискового оборудования, однако отсутствует и методическая документация по его использованию. Это определяет актуальность данной темы исследования.

Цель работы: на основании исследования основных технических характеристик поискового прибора ST 031 “Пиранья” определить особенности его функционирования, ограничения по использованию, а также разработать научно-методическую базу для обучения проведению поисковых работ.

Задачами данного исследования являются:

1. Анализ и исследование особенностей функциональных возможностей поискового устройства ST 031 “Пиранья” и методов практического применения данного устройства в полевых условиях.
2. Разработка механизма, имитирующего канал утечки информации для обучения работе с поисковым прибором.
3. Разработка научно-методической документации, правил и рекомендаций по применению поискового прибора ST 031 “Пиранья”.

Преимуществами данного прибора является наличие большого количества функциональных возможностей для проведения специальных проверок и обследований, а также применение его в полевых условиях. А разработанная методическая документация позволит обучать персонал проведению поисковых работ.

Литература

1. “Группа СТ” ST 031 “Пиранья”. Техническое описание и инструкция по эксплуатации

С.А. Макаров, студент; рук. А. Ю. Невский к.т.н., доцент (НИУ «МЭИ»)

О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБУЧЕНИЯ МЕТОДАМ И ТЕХНОЛОГИЯМ АДМИНИСТРИРОВАНИЯ СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ЗАЩИЩЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

В настоящее время вопрос подготовки квалифицированного персонала для обслуживания информационных систем стоит достаточно остро. Это подтверждается тем, что одной из стратегических целей Указа Президента РФ от 5 декабря 2016 г. является развитие кадрового потенциала в области обеспечения информационной безопасности и применения информационных технологий [1].

Актуальность проблемы, рассмотренной в данной работе, обусловлена высокими требованиями предъявляемыми к специалисту, занимающимся администрированием сетевого оборудования в защищенных информационных системах.

Целью работы является разработка комплекса учебно-методических материалов для обеспечения учебного процесса освоения методов и технологий администрирования сетевого оборудования в рамках одной из учебных дисциплин профессионального цикла, позволяющий в значительной степени снизить угрозы, возникающие из-за неправильной настройки сетевого оборудования.

Для реализации поставленной цели нужно решить следующие задачи:

1. Провести анализ перечня угроз безопасности сетевого оборудования, возникающих из-за неправильной настройки.
2. В процессе анализа перечня угроз безопасности сетевого оборудования, разработать методику обучения персонала, которая в максимальной степени снижала возможность появления угроз из-за неправильной настройки.
3. На основе полученной методики создать комплекс учебно-методических материалов для обеспечения учебного процесса освоения методов и технологий администрирования сетевого оборудования в рамках одной из учебных дисциплин профессионального цикла.

Результаты работы могут быть использованы для обеспечения процесса обучения специалистов в области информационной безопасности.

Литература

1. Указ Президента РФ от 5 декабря 2016 г. N 646 «Об утверждении Доктрины информационной безопасности Российской Федерации».

*А.М.Габдуллин, студент; рук. А.С. Минзов, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ WI-FI СЕТИ

В России корпоративный WI-FI прочно занял свои позиции, вытесняя привычные кабельные сети Ethernet. Этот способ создания сетей экономически выгоден и удобен для большинства пользователей. Однако, не все организации подходят к защите своих беспроводных WI-FI сетей должным образом. Это в большей степени относится к общественным беспроводным сетям. По результатам всех проверок анализа защищенности, проведенные Positive Technologies, большинство компаний, в инфраструктуре которых используются беспроводные сети, не принимают достаточных мер по их защите [1]. Несколько улучшило ситуацию постановление Правительства РФ от 31.07.2014 № 758, которое определило обязательность идентификации пользователя в общественных местах доступа пользователей беспроводной сети различными методами, в том числе через номер мобильного телефона. Однако это не устранило проблемы защищенности сетей WI-FI. Следовательно, для полной защиты требуется комплексное решение, которое будет включать:

- исследование уязвимостей различного оборудования, протоколов передачи данных в сетях WI-FI общественного доступа;
- исследование общедоступных средств выявления уязвимостей (сканеров) в беспроводных сетях;
- анализ механизмов выявления несанкционированного мониторинга сетей, создания ложных точек доступа и их использования для контроля соединений;
- моделирование на специальном стенде атак на беспроводные точки доступа с использованием доступных наборов программных средств;
- разработку типовой рациональной политики защиты информации в беспроводных общественных WI-FI сетях в условиях новых требований к условиям предоставления доступа.

Решение этих задач позволит повысить защищенность беспроводных сетей общественного доступа и может быть использовано в учебном процессе кафедры БИТ.

Литература

1. Атаки на корпоративный Wi-Fi. Аналитический отчет.-М: Positive-Technologies. -2017г.
2. Каролик А., Касперски К. Разберемся, что такое вардрайвинг (wardriving) и с чем его необходимо употреблять //Хакер. - №059. [электронный ресурс]URL: <http://www.xakep.ru/magazine/xs/059/008/.asp>

*Д.М.Страхов, студент; рук. А.Ю. Невский, к.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА ЕДИНОЙ МЕТОДОЛОГИИ ГАРАНТИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТАЙН

Современное нормативное обеспечение информационной безопасности РФ для различных видов тайн отличает пересечение, дублирование и, иногда, противоречивость [1].

Такое состояние не устраивает большинство разработчиков и исполнителей проектов в области обеспечения информационной безопасности для различных объектов, которые ориентируются строго на требования государственных регуляторов.

Еще одним узким местом такого нормативного регулирования является односторонность подхода к гарантированности защиты информации исходя из количества выполненных мероприятий по обеспечению информационной безопасности, с чем нельзя однозначно согласиться.

Таким образом, цель исследования заключается в разработке единого механизма защиты конфиденциальной информации на основе формирования доверительной среды обработки данных путем оценки количества примененных механизмов защиты и уровня их значимости для реальных условий применения.

Для реализации поставленной цели необходимо решить ряд следующих задач:

- 1) Проанализировать требования, предъявляемые к защите информации различных видов тайны.
- 2) Сформировать базовое ядро защиты информации и дополнительные компоненты.
- 3) Сформировать уровень доверия к механизму защиты.

Результаты исследования позволят разработать универсальный механизм модульной структуры, способствующей созданию доверенной среды защиты информации любых видов тайн, а так же, способствуют упрощению создания систем информационной безопасности, которые будут соответствовать нормативным требованиям законодательных актов в сфере защиты информации.

Так же, необходимо отметить, что данная система позволит избавиться от разночтений нормативных актов в сфере информационной безопасности.

Литература

1. Приказ ФСТЭК от 11 февраля 2013 г. N 17 «об утверждении требований о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах».

*С.В. Бобылева, студент; П.А. Осипов, аспирант
(Государственный Университет «Дубна», Дубна)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО СЪЕМА КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННЫХ СРЕДСТВ

Развитие информационных технологий и массовое внедрение в нашу жизнь киберфизических систем привело к возрастанию угроз по различным каналам утечки информации. В связи с этим возникает научно-методическая задача по совершенствованию методов поиска скрытно установленных электронных передающих устройств в помещении, позволяющих принимать акустические сигналы и преобразовывать их в электромагнитные волны. Работа этих устройств осуществляется по сложным алгоритмам, в которых изменяются частота и способ модуляции сигнала, а также используются маскирующие признаки. Это создает определенные трудности по обнаружению устройств несанкционированного съема конфиденциальной информации (НСКИ).

В настоящее время существуют радиотехнические комплексы по исследованию спектра радиоволн, однако основная проблема заключается в методике обучения специалиста методам и технологиям работы по обнаружению устройств НСКИ со сложным алгоритмом работы.

Целью исследования является совершенствование методов выявления несанкционированных электронных передающих устройств со сложным алгоритмом работы.

Для решения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- Анализ существующих электронных устройств перехвата акустической речевой информации.
- Анализ существующих типовых имитационных средств НСКИ.
- Моделирование сценариев работы по сложным алгоритмам работы НСКИ на основе технического средства «Шиповник»

Разработка алгоритма обнаружения НСКИ проводится с использованием комплекса «Кассандра К6» с программным обеспечением «RadioInspector». Полученные результаты могут быть использованы при подготовке специалистов по техническим средствам защиты информации и в учебном процессе университета.

Литература

1. Хорев А.А. Техническая защита информации: учеб. пособие для студентов вузов. В 3 т. Том 1. Технические каналы утечки информации. - М.: НПЦ «Аналитика», 2008. - 436 с.: ил. ISBN 978-59901488-1-9

*И.Д. Еломанов, студент; рук. И.В. Кангер, к.т.н.
(НИУ «МЭИ»)*

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АУДИТА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ

В области информационной безопасности (ИБ) информационных систем (ИС) одним из самых актуальных направлений являются системы электронной коммерции. Системы электронной коммерции включают в себя как порталные решения, имеющие требования по безопасности, так и платежные системы. В реальных системах электронной коммерции стандартные методы аудита, приводящие к остановке бизнес процессов, не могут быть использованы. В силу того, что специальных средств аудита систем электронной коммерции на сегодня не предусмотрено, приходится прибегать к совместному использованию различных систем, а также прямого анализа HTML кода.

Целями работ по аудиту состояния информационной безопасности информационной системы являются:

- 1) Получение объективной и независимой оценки текущего состояния защищенности информационных ресурсов.
- 2) Повышения уровня защищенности информационной системы организации [1].

В ходе выполнения работы предстоит решить задачи по разработке базовой модели угроз для систем электронной коммерции, методики проведения аудита информационной безопасности систем электронной коммерции, провести испытание представленных методик аудита на реальной системе.

Применение этих методов должно быть должным образом сбалансировано с учетом, кроме всего прочего, связанных рисков и возможностей [2].

С практической точки зрения реализация разработанной методики позволит усовершенствовать защищенность систем электронной коммерции, с последующей возможностью ее использования при сертификации систем электронной коммерции.

Литература

1. ГОСТ ИСО/МЭК 27002-2012. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Свод норм и правил менеджмента информационной безопасности.
2. ГОСТ Р ИСО 19011-2012. Руководящие указания по аудиту систем менеджмента.

*И.В. Сергиенко, студент; рук. О.Р. Баронов, доц.
(НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА ОПИСАТЕЛЬНЫХ ВАРИАТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЯМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТАХ БАКАЛАВРОВ

После принятия нового федерального закона, который стал регулировать вопросы объектов критической информационной инфраструктуры, за невыполнение его требований владельцы таких объектов, будут нести ответственность, что увеличивает количество обращений к разработанному документу и такая тенденция будет только увеличиваться. Это и определяет актуальность направления.

Цель исследования – на основе анализа исходных данных о различных значимых объектах критической информационной инфраструктуры (цели и задачи, схемы, описание информационных и технологических процессов, сети, оборудование, штатный состав и их функции, результаты аудита ИБ и др. данные) предложить их описательные вариативные модели. Реализация этой цели потребует непосредственную разработку описательных моделей объектов критической информационной инфраструктуры, а также обеспечение их достаточности и полноты.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Провести анализ исходных данных, необходимых для проектирования систем защиты информации на объектах критической информационной инфраструктуры;
2. Разработать описательные вариативные модели объектов критической информационной инфраструктуры и оценить их применимость для проектирования систем защиты информации;
3. Разработать рекомендации по проектированию систем защиты информации на моделях объектов критической информационной инфраструктуры.

Результаты использования подобного подхода могут быть использованы при разработке студентами выпускных курсов ВКР бакалавров по направлению подготовки «Информационная безопасность».

Литература

1. ФЗ №187 «О безопасности критической информационной инфраструктуры российской федерации»

*А.В. Александров, студент; рук. А.Ю. Невский.
(НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА ЗАДАНИЯ ПО БЕЗОПАСНОСТИ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЫТОВЫМИ УСТРОЙСТВАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «ОБЩИХ КРИТЕРИЕВ»

В настоящее время наблюдается стремительный рост количества устройств бытового назначения, подключенных к всеобщим сетям. Их количество к 2020 г. достигнет по разным источникам от 30 до 50 млрд. единиц при населении Земли около 8 млрд. человек.

Также стремительно расширяется и диапазон направлений применения таких устройств, которые, в сущности, являются киберфизическими системами (КФС) управления.

Весьма вероятной представляется перспектива резкого повышения внимания к эксплуатации функциональных возможностей и уязвимостей КФС со стороны киберпреступников.

Необходимо заранее готовиться к этому, и начинать необходимо с научно-обоснованного формирования перечней требований по безопасности для подобных систем. Методической основой этой работы должна быть методология «Общих критериев» [1].

Основная цель исследования – это разработка задания по безопасности конкретного объекта оценки, являющейся инновационным и не имеющим реализации с использованием подхода «Общих критериев». Реализация цели потребует непосредственную разработку документа, содержащего требования безопасности для конкретного ОО и специфицирующий функции безопасности и меры доверия, предлагаемые объектом оценки для выполнения установленных требований.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- 1) Провести анализ киберфизических систем бытового назначения и сделать выводы;
- 2) Провести анализ компонентов безопасности и сделать выводы о том, достаточно ли уже существующих функциональных компонентов безопасности
- 3) Разработать задание по безопасности для киберфизической системы бытового назначения.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 15446-2008 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Информационная технология МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ Руководство по разработке профилей защиты и заданий по безопасности»

*И.В. Ландырев, студент; рук. И.В. Писаренко, к.т.н. доцент
(НИУ «МЭИ»)*

РАССЛЕДОВАНИЕ ИНЦИДЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В БАНКОВСКОЙ СФЕРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАТФОРМЫ SECURITY VISION

Современные компании все чаще сталкиваются с необходимостью создания в организации управляемого сервиса информационной безопасности с целью уменьшения влияния человеческого фактора и повышения прозрачности, приведения разрозненных процессов информационной безопасности в разряд управляемых, что является одной из поставленных задач. Для своевременного реагирования на инциденты информационной безопасности, существует потребность в адаптивной системе, способной осуществлять сбор, концентрацию и обогащение информации, поступающей из сторонних подсистем, которая бы связывала процессы управления командой SOC и обладала возможностью автоматизации функций по реагированию на инциденты. [1]

Цель настоящего исследования, на основе существующих методов реагирования на инциденты информационной безопасности - автоматизация процессов реагирования на инциденты информационной безопасности и автоматизация управления информационной безопасностью в банковской сфере.

Исследование будет предлагать создание автоматизированной системы реагирования на инциденты информационной безопасности в банковских системах и автоматизацию процедур управления инцидентами информационной безопасности на основе использования программной платформы SecurityVision. Автоматизированный сбор информации по событиям информационной безопасности будет заложен в логику бюллетеня события. Будет разработан процесс реагирования аналитиком на инцидент, в рамках которого часть процессов будет требовать дополнительный анализ полученной информации, будет описан процесс анализа оперативной памяти, основным средством для анализа которого будет программная платформа.

Результаты исследований могут быть использованы для управления инцидентами информационной безопасности и автоматизации процессов реагирования на инциденты информационной безопасности.

Литература

1. HelkoLöhr Глава отдела противодействия киберпреступлениям. Защита критической инфраструктуры с точки зрения правоохранительных органов., Group-IB Hi-Tech Crime Trends 2018 – 11.10.2018.

А. В. Куртукова, студ.; А. С. Романов, к.т.н., доц. (ТУСУР, Томск)

Идентификация автора исходного кода с помощью CRNN

Идентификация авторских признаков исходных кодов является особенно актуальной в области форензики, ввиду необходимости деанонимизации авторавредоносного ПО. Также полученное решение может применяться в судебных разбирательствах, касающихся плагиата и споров об интеллектуальной собственности. Т.о. цель работы – разработка подхода для идентификации автора исходного кода на основе сверточно-рекуррентной нейронной сети (CRNN).

Преимуществами архитектуры CRNN являются чувствительность к порядку следования в последовательности символов и быстрдействие. В качестве сверточной части модели была выбрана Inception-v1, применяющая ряд фильтров для выявления различных по размерности признаков, рекуррентная часть была реализована двунаправленными управляемыми рекуррентными блоками (BiGRU), учитывающими представления из прошлых и будущих шагов во времени.

Особенность такой модели – самостоятельная идентификация сетью явных информативных признаков и индивидуального стиля программиста из данных, никак не обработанных перед подачей на CRNN.

Оценка качества CRNN осуществлялась посредством 10-фолдовой кросс-валидации. Экспериментальные корпуса данных содержали не менее 10 тыс. исходных кодов для каждого из наиболее популярных, согласно индексу TIOBE, языков программирования.

Результаты проведенных экспериментов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты экспериментов

Язык	5 авторов	10 авторов	20 авторов	Язык	5 авторов	10 авторов	20 авторов
C++	92%	91,5%	90%	C	97%	95%	94%
Java	95%	93%	88%	C#	95,5%	87%	81%
JS	91,5%	82%	74%	PHP	92%	89%	80%
Python	95%	92%	91%	Ruby	95%	81%	65%

Предложенная гибридная нейронная сеть продемонстрировала высокую точность вне зависимости от языка программирования и оказалась эффективной для идентификации автора исходного кода.

И.А. Агуреев студ.; А.Ю. Невский к.т.н доцент (НИУ «МЭИ»)

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБУЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИЗА КАНАЛОВ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ В ПРОВОДНЫХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ

В настоящее время проводные линии были и остаются наиболее массовыми в телефонных и коммутационных сетях. В тоже время они являются объектом массовых атак злоумышленников. Постоянное совершенствование механизмов и технологий реализации атак на телефонные и коммутационные линии связи требуют разработки эффективных механизмов противодействия. Следовательно, необходимость применения специализированных приборов на анализ угроз безопасности информации, передаваемых в проводных сетях организации, является актуальным.

Целью исследования является разработка научно-методического обеспечения по обучению технологиям проведения поисковых работ с комплексом «Talan» проведения поисковых работ в реальных условиях. К настоящему времени разработано:

1. Сценарий проведения поисковых работ по анализу каналов утечки информации в проводных линиях связи.
2. Методика применения имитационных средств, имитирующих канал утечки информации в проводных линиях связи.
3. Лабораторная работа по анализу угроз безопасности информации, передаваемых в проводных сетях.

Планируется провести анализ предметной области исследования в требованиях образовательных и профессиональных стандартов, построить карты компетенций для обеспечения требований стандартов к специалисту, выполнить анализ бюджета времени, определенного рабочей программой инженерно-технической защиты информации на изучение темы, связанной с использованием комплекса.

Решение этих задач позволит организовать подготовку специалистов по проведению поисковых работ с использованием анализатора проводных линий связи «Talan», повысить компетентность персонала ответственного за вопросы информационной безопасности в организации.

Литература

1. TALAN 3.0 Owner's Manual Research Electronics International, LLC

Н.М. Адамович, студент; рук. А.Ю. Невский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИГРОВЫХ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧЕК ПО ТЕХНОЛОГИИ "НАПАДЕНИЕ - ЗАЩИТА"

Игровые методы в современном образовательном процессе занимают все более значимое место. Высшее образование по направлению «информационная безопасность» не является исключением, так как зачастую предполагает наличие двух противоборствующих сторон: одна — реализующая угрозы, вторая — противодействующая им [1].

Таким образом, тема исследования является актуальной.

Разработка научно-методического обеспечения в границах отдельных разделов учебной дисциплины призвана повысить эффективность овладения компетенциями в профессиональной области. Это является целью исследования.

За основу проекта взята идея разработки заданий по кибербезопасности «Capture the Flag», проводимая по технологии «Нападение — Защита».

Для достижения цели исследования необходимо решить ряд следующих задач:

- 1) Провести анализ целей, методов и технологий деловых игр в сфере информационной безопасности;
- 2) Разработать идею, сценарий, перечень участников и последовательность проведения деловой игры, основанной на практическом применении DLP-системы;
- 3) Разработать научно-методический комплекс [2] деловой игры в составе: описание, распределение ролей, последовательность этапов, оценка результатов, контроль эффективности усвоения материала;
- 4) Проанализировать эффективность разработанного научно-методического обеспечения.

Литература

1. «Capture the Flag. Игровые модели подготовки специалистов в сфере компьютерной безопасности.» Москва — 2018, Егоров А.Ю., Минзов А.С., Невский А.Ю., Баронов О.Р.
2. ФГОС ВО бакалавриата по направлению 09.03.01 «Информационная безопасность» версия 3+

*В.А. Прибылёв, студ.; рук. О.Р. Баронов, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА ПРОФИЛЯ ЗАЩИТЫ И ЗАДАНИЯ ПО БЕЗОПАСНОСТИ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ НА АРМ ДОЛЖНОСТНОГО ЛИЦА ОРГАНИЗАЦИИ

В настоящее время во многих компаниях существует проблема организации защищенной обработки персональных данных (ПДН) и оценки соответствия системы их защиты информации требованиям законодательства. Существует несколько механизмов решения этой проблемы, но все они основаны на применении организационных, технических и криптографических средств к готовым информационным системам обработки ПДН.

В настоящей работе предлагается другое решение защиты ПДН на АРМ путем практической реализации разработанного профиля защиты и задания по безопасности в проектируемой информационной технологии.

Применение ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408 для средств защиты персональных данных на автоматизированном рабочем месте позволит задать четкие требования, которым должны отвечать все применяемые на объекте информатизации средства защиты, что в свою очередь позволит организовать защищенный режим обработки персональных данных на автоматизированном рабочем месте, повысить уровень доверия к системе защиты информации, а так же упростит ее разработку и внедрение.

Для разработки профиля защиты и задания по безопасности были проанализированы требования нормативных документов в области защиты персональных данных, а также различные информационные технологии, которые обрабатывают персональные данные. В результате, на основе созданной типовой информационной технологии обработки ПДН, был разработан профиль защиты и задание по безопасности для конкретного АРМ. Это позволит повысить уровень доверия к информационным системам обработки персональных данных и снизить реализацию возможных угроз в информационных системах для их обработки.

Литература

1. Приказ ФСТЭК от 18 февраля 2013 г. N 21 «ОБ УТВЕРЖДЕНИИ СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ МЕР ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ ИХ ОБРАБОТКЕ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ»
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408 (1,2,3 части). Информационная технология (ИТ). Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий.

*В.В. Николаев, студент; рук А.Ю. Невский, к.т.н., доцент.
(НИУ МЭИ, Москва)*

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ «ОБЩИХ КРИТЕРИЕВ» ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОФИЛЯ ЗАЩИТЫ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В современном высокотехнологичном мире появляются многочисленные реализации интеллектуальных устройств имеющих связь с ресурсами общих сетей, для обозначения которых применяется общий термин «киберфизические системы».

Наряду с новыми возможностями такие устройства несут и ряд новых угроз безопасности. Таким образом разработка такого вида ИТ должны вестись с учетом требований безопасности.

Стандарты серии ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408 дают нам методическую основу формирования требований безопасности в виде профилей защиты и заданий по безопасности.

В связи с тем, что такие технологии входят в нашу повседневную жизнь с большой скоростью возникает потребность в определении требований доверия к таким технологиям, этим доказывается актуальность данной темы.

В данной работе будет использована национальная серия стандартов ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408 «Общие критерии» для оценки требований безопасности к киберфизическим системам и разработан профиль защиты для такой категории ИТ продукции. Данный стандарт является универсальным инструментом для оценки безопасности информационных технологий и порядка их использования.

Первым этапом работы будет анализ применимости «общих критериев» к выполнению задачи исследования.

Вторым этапом работы будет формирования перечня требований безопасности, предъявляемых к киберфизическим системам.

Заключительным третьим этапом работы будет разработка профиля защиты для киберфизической системы.

Результатом исследования будет разработанный профиль защиты для киберфизических систем, который будет представлять собой основу для разработки заданий по безопасности.

Литература:

1. Серия стандартов ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408 «Информационные технологии (ИТ). Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий». Часть 1,2,3.

2. Особенности применения киберфизических систем в цифровой экономике. А.С. Минзов, А.Ю.Невский, О.Р.Баронов кафедра информационной и экономической безопасности, НИУ «МЭИ».

Б.Ю. Сурин, студент; рук. А.С. Минзов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕДУРЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ISO/IEC 27001:2013

Обеспечение информационной безопасности является важнейшей составляющей современных организаций. Способность планировать работу на приемлемом уровне в случае различных инцидентов и нарушениях деятельности является залогом успеха будущей организации.

Сегодня можно наблюдать как нарушение конфиденциальности, целостности и доступности информации способно значительно остановить функционирование предприятия.

В условиях развития угроз информации и конкуренции на рынке, организации-заказчики требуют от поставщиков не только привлекательных цен, но и демонстрации эффективного менеджмента, ответственности и готовности обеспечить надежное обслуживание без продолжительных простоев, вызванных различными угрозами.

Одним из решений этих проблем является международный стандарт ISO/IEC 27001:2013 [1], который был разработан с целью установить требования для создания, внедрения, поддержания функционирования и непрерывного улучшения системы менеджмента информационной безопасности (СМИБ).

При этом ценность международной сертификации СМИБ также обуславливается признанием сертификата не только внутри страны, но и за рубежом, что расширяет границы участия организации на международном рынке и обеспечивает доверительную среду при обработке информации.

Предметом исследования будут являться научно-производственные предприятия (НПП), имеющие различные виды активов и оказывающие услуги как для отечественного рынка, так и для зарубежного.

Для исследования данной тематики необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ процессов сертификации СМИБ.
2. Разработать типовые формы документов.
3. Разработать план подготовки к процедуре сертификации.
4. Рассмотреть особенности внедрения сертификации в НПП.

Литература

1. **ISO/IEC 27001:2013.** Information technology - Security techniques - Information security management systems – Requirements, 2013.

К.Е. Бровкин, студ.; рук. М.В. Раскатова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ МНОГОКЛАССОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ

Наиболее распространенный современный подход к классификации текстовых документов основывается на методах машинного обучения. Классификация текстов является одной из задач компьютерной лингвистики и её результаты зависят в том числе от языка текстовых документов, на которых обучается и работает классификатор. Также точность методов машинного обучения будет отличаться в зависимости от конкретной задачи, поэтому нельзя достоверно заранее определить какие из методов дадут более точные результаты [1].

Доклад посвящен исследованию и сравнительной оценке качества классификации различных методов машинного обучения для классификации текстов, обученных на выборке статей новостей на русском языке для многоклассовой классификации, а также скорости работы методов для обучения и тестирования построенных классификаторов.

Многоклассовая классификация определяется существованием более двух классов, к которым могут принадлежать документы. А также, каждый документ должен относиться только к одному классу [2].

В данной работе была произведена предобработка текстовых документов, то есть удаление функциональных слов и стемматизация (нахождение основы слова), индексация документов, определение весов признаков документов.

Обучение и тестирование классификаторов проводилось на наборе данных новостных статей российских СМИ Lenta.Ru-News-Datasets [3] с помощью следующих методов машинного обучения: вероятностный метод наивного Байесовского классификатора (Naive Bayes), линейный метод опорных векторов (Support Vector Machine), метрический метод к ближайших соседей (k Nearest Neighbors).

Литература

1. **Батура Т.В.** Методы автоматической классификации текстов // Программные продукты и системы. – 2017. – № 1. – С. 85-99
2. [Электронный ресурс]. URL: http://www.scholarpedia.org/article/Text_categorization
3. [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/yutkin/Lenta.Ru-News-Dataset>

**Р.М. Муратов, И.А. Рябых, студенты;
рук. А.Н. Богданов, к.т.н., доц. (КГЭУ, Казань)**

ТРЕНАЖЕР ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ РАБОТЫ С ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Целью проекта является: создание тренажера, позволяющего пользователю взаимодействовать с трехмерной моделью электрической подстанции посредством средств виртуальной реальности по заранее заложенным сценариям.

Решение создания тренажера связано с тем, что во время подготовки нового персонала необходимо посещение подстанций, что довольно-таки проблематично, так как для этого нужно особое разрешение. В результате чего осуществить обучение проблематично, к тому же воспроизвести чрезвычайную ситуацию на работающей подстанции без последствий невозможно, а разработка физических полигонов трудозатратно. Поэтому подготовка персонала происходит путем изучения теоретического материала, безпрактической части, из-за чего нельзя полностью подготовить персонал для работы с оборудованием. А получаемые навыки сказываются на его дальнейшей работоспособности.

Эту проблему можно решить если подстанция будет в виртуальном пространстве, в котором можно воссоздать любые условия работ на подстанции. На тренажере также возможно самостоятельное обучение. Виртуальное пространство также позволит во время выполнения задач укреплять полученные теоретические знания. В конечном результате по приезде уже обученный персонал будет знать все то, что необходимо для работы на подстанции.

Тренажер включает в себя моделирование (имитацию) следующих видов работ (ситуаций):

- Осмотр оборудования.
- Производство оперативных переключений в электроустановках.

Литература

1. **Таратута Е.Е.** Философия виртуальной реальности / Таратута Е. Е. – СПб.: СПбГУ, 2007
2. **Розенсон И.А.** Основы теории дизайна / И. А.Розенсон – Питер, 2006

Направление

**ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОНОМИКА
ПРЕДПРИЯТИЙ**

Научный руководитель направления —
директор ИПЭЭф, к.т.н., доцент С.В. Захаров

Секция 32

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Руководитель секции: Цырук Сергей Александрович

Секретарь секции: Булычева Евгения Андреевна

*Е. А. Булычева; рук. С. А. Янченко, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВКЛАДА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТЬ НАПРЯЖЕНИЯ СЕТИ

В связи с ростом нелинейных нагрузок в электрической сети становится важной проблема идентификации электроприемников, искажающих форму кривой сетевого напряжения. Корректность большинства методов определения источников высших гармоник (ВГ) зависит от точного определения параметров электрической сети. Для оценки влияния нелинейных нагрузок на несинусоидальность напряжения сети без предварительного знания ее параметров применяются статистические методы, основанные на анализе измеренных данных с помощью нейронных сетей, метода независимых компонент, множественной линейной регрессии и др.[1].

Нейронные сети, на основе измеренных данных за предыдущий период, позволяют прогнозировать вклад одного конкретного потребителя в общий уровень несинусоидальности напряжения при изменяющихся параметрах электрической сети. Проблема определения отдельных вкладов источников ВГ в составе группы нелинейных электроприемников решается с помощью методов, представленных ниже.

Например, подход с использованием метода независимых компонент позволяет оценить влияние источников ВГ, подразделяя совокупность нагрузок на быстро и медленно меняющиеся с целью разложения общего уровня несинусоидальности на статистически независимые компоненты, соответствующие отдельным потребителям. Ограничениями этого метода являются сложность выбора оптимального местоположения измерений и чувствительность к помехам.

Другой метод определения вкладов потребителей в уровень ВГ напряжения заключается в регрессионном анализе измеренных данных, позволяющего определить параметры нагрузок и в итоге рассчитать вклады от каждого потребителя. При этом не учитывается фоновое напряжение искажения, оказывающее влияние на общий уровень несинусоидальности.

Подробное изучение этих и других статистических методов позволит определить подходы, наиболее применимые при мониторинге качества электроэнергии в условиях ограниченности сведений.

Литература

1. Wang Y., Mazin H.E., Xu W., Huang B. Estimating harmonic impact of individual loads using multiple linear regression analysis. Int. Trans. Electr. Energ. Syst. 2016; 26: 809–824. DOI: 10.1002/etep.2109

А.П. Соколов, студ., О.В. Газизова, к.т.н., доц. (МГТУ им. Г.И. Носова)
**К ВОПРОСУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАКТИВНЫХ
МОЩНОСТЕЙ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СЕТЯХ С ИСТОЧНИКАМИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ
ГЕНЕРАЦИИ**

В настоящее время на промышленных предприятиях в качестве источников электрической энергии существенно возрастает доля объектов распределенной генерации. К ним относятся газопоршневые, парогазовые, газотурбинные электростанции, которые размещаются в непосредственной электрической близости от нагрузок. Регуляторы возбуждения имеют сложный закон регулирования, учитывающий поддержание напряжения на выводах обмотки статора в весьма незначительных пределах, что обусловлено большим влиянием системы. При снижении напряжения со стороны энергосистемы генератор начинает вырабатывать большую реактивную мощность. В случае невозможности выполнения данного закона регулирования регулятор с учетом нагрузочной диаграммы снижает ток возбуждения до тех пор, пока не войдет в зону допустимых реактивных мощностей с учетом нужной выработки активной мощности. При этом напряжение обмотки статора снизится по отношению к напряжению уставки.

В процессе эксплуатации реактивные нагрузки, работающие на генераторном напряжении, начинают возрастать и естественным образом загружать собственные генераторы. Снова возрастут реактивные токи, перегревая обмотки генератора. Чтобы войти в допустимую область диаграммы мощности, регулятор снизит ток возбуждения. При этом уровень напряжения снова снижается. В ряде случаев персонал вынужден снижать ток возбуждения вручную. Возникает задача распределения реактивных мощностей в узлах. Одним из способов поддержания параметров режима является изменение уставки напряжения без изменения закона регулирования. С целью анализа подобных режимов разработан алгоритм для определения загрузки генераторов по реактивной мощности при изменении нагрузки на генераторном напряжении и работе АРВ на постоянство напряжения. Он положен в основу программного комплекса «КАТРАН» [1] и позволяет определять напряжение уставки и выдаваемую реактивную мощность генератора при изменении реактивной нагрузки. Это позволит прогнозировать такие режимы и обеспечивать устойчивую работу генератора даже при существенном снижении напряжения со стороны энергосистемы.

Литература

1. Газизова О.В., Соколов А.П., Малафеев А.В. К вопросу учета насыщения в математической модели промышленного генератора для расчета переходных режимов в системе электроснабжения сложной конфигурации // Электротехнические системы и комплексы. - 2018. № 1 (38). С. 40-47.

М.В. Пантюхин, студ.; рук. В.Р. Иванова, к.т.н., доц. (КГЭУ, Казань)

О ПОТЕНЦИАЛЕ ЯДЕРНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

С каждым годом потребление энергетических ресурсов человеком возрастает, а активная добыча и использование ископаемых ресурсов приведет к дефициту и повышению цен на них. Примерно через 40-80 лет важнейшие природные ресурсы используемые в качестве топлива в производстве энергии станут труднодоступными. Актуальность использования ТЭС снизится не только из-за дефицита топлива, но и из-за экологических соображений. Тем не менее, выбросы увеличатся на 13%. Ожидается, что к 2030 году потребление человеком энергии возрастет на 30% по сравнению с 2017 годом. В России выработка атомной энергии будет увеличиваться на 3% за год. В настоящее время доля атомной энергии России составляет 20% и будет увеличиваться. И поднимется вопрос о выработке большого количества энергии при малом использовании топлива с высоким показателем экологичности.

Решением станет использование атомных станций (АЭС) и активным изучением ядерной энергетики.

Ядерные материалы являются важными компонентами производства энергии для городов, поскольку они намного эффективнее других видов ископаемого топлива и естественных источников энергии. Ядерная энергия характеризуется очень большим количеством энергии, из очень небольшого количества топлива. Примерно 1 килограмм урана используется в ядерном реакторе, производящий 620 тысяч кВт.ч энергии. Если сравнивать уголь, то при сжигании 1 килограмма угля выделяется 7 кВт.ч энергии. 1 килограмм урана эквивалентен сжиганию примерно 100 тонн угля. То есть получается энергии с урана выделяется примерно в 90 тысяч раз больше, чем с угля.

Многие европейские страны решили отказаться от ядерной энергетики в более безопасные отрасли производства энергии, но есть много стран, которые наоборот активно развивают эту отрасль и планируют в недалеком будущем увеличить количество своих энергоблоков на АЭС. Привлекательность ядерной энергетики заключается в том, что она позволяет странам создавать эффективные и долгосрочные источники энергии. Несмотря на опасность использования АЭС, перспективы остаются положительными в среднесрочном долгосрочном будущем.

Литература

1. **Ян Гор-Лесси.** Ядерное электричество. Ростов н/Д.: Ростиздат, 2002.
2. **Меррей Р.Л.** Атомная энергетика. М.: Энергия, 1979.
3. **Акатов А.А.** Быстрая энергетика / Акатов А.А., Коряковский Ю.С. М.: Центр содействия социально-экологическим инициативам атомной отрасли, 2010.

Секция 33

ЭНЕРГЕТИКА ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ

Руководитель секции: Степанова Татьяна Александровна

Секретарь секции: Александрова Елена Юрьевна

П.Ю. Плотов, студ.; рук. В.Е. Мурашов, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
ТЕРМИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКИХ ОТХОДОВ

Медицинские учреждения обеспечивают защиту человеческих жизней. В процессе работы здравоохранительных учреждений образуются отходы, которые имеют специфический состав. Медицинские отходы делят на пять классов:[1] начиная с неопасных и заканчивая радиоактивными отходами. Но лишь первый класс может быть переработан как ТКО, остальные типы требуют особого внимания и обязательной утилизации.

Выделяют ряд критериев при выборе оборудования для утилизации мед.отходов: безопасность и экологическая чистота метода, состав отходов и их количество, максимальное уменьшение объема отходов, полная обеззараженность остатка и др.[2] Применяемые установки для утилизации опасных отходов делят по реализованным в них методам: паровые стерилизаторы, термические, химические, термохимические, и комбинированные.

В основном медицинские отходы перерабатывают термическим способом, к данному методу относят сжигание, пиролиз и газификацию. При сжигании отходов утилизация происходит при 800 °С и выше. Данные процессы сложно управляемы, и в продуктах сгорания могут наблюдаться соединения серы и хлора, органические соединения, наиболее опасными из которых являются диоксины. Даже если диоксины будут уничтожены при высоких температурах, могут происходить реакции повторного образования диоксинов на стадиях охлаждения отходящих газов.

Для утилизации медотходов основным аппаратом в преобладающем количестве случаев выбирают барабанные вращающиеся печи (рис.1), а также циклонные реакторы. Целесообразно устанавливать аппараты по утилизации медотходов на МСЗ, с выпуском уходящих газов в общую систему газоочистки МСЗ, после специальной газоочистки. Это решение является экономически выгодным в силу высокой стоимости создания отдельной высокоэффективной установки, которая может достигать до нескольких десятков млн. евро.[3]

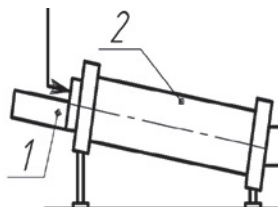


Рис.1 Барабанная печь

Литература

1. Санитарно-эпидемиологическими требованиями к обращению с медицинскими отходами Российской Федерации СанПиН 2.1.7.2790-10.
2. Карп И.Н., Васечко А.А. «Технологии утилизации медицинских отходов» \ Энерготехнологии и ресурсосбережение. 2011. № 3, стр43-47.
3. Бернадинер И. М., Бернадинер М. Н. «Обезвреживание опасных отходов: выбор оптимальной технологии» \ Твердые бытовые отходы № 9 2010. Стр.18-26.

И.Р. Васильев, студ.; рук. П.В. Хорева, асс. (НИУ «МЭИ»)

СОВМЕСТНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОСВ И ТКО.

В технологии очистки сточных вод наиболее сложной и окончательно не решенной проблемой является обработка и утилизация осадков, в особенности это касается органических осадков станций биологической очистки городских сточных вод. По данным в Европе в настоящее время накоплено 10 млн т осадков сточных вод (ОСВ). В пересчете на сухое вещество, для США этот показатель составляет 6 млн т. В связи с тем, что в настоящее время территорий пригодных для организации иловых площадок и размещения осадков, образующихся на станциях очистки городских сточных вод, катастрофически недостаточно, Водоканалы вынуждены внедрять более современные технологии обезвоживания осадков для сокращения их объемов (центрифугирование, использование ленточных фильтр-прессов). [1] Актуальной является задача совместной утилизации ОСВ с твердыми коммунальными отходами (ТКО). Например, в Санкт-Петербурге 25 января 2018 г., было подписано соглашение о намерениях между ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», Евразийским банком развития и ООО «Л.М.П.». Целью соглашения является развитие системы коммунального хозяйства Санкт-Петербурга, повышение качества услуг, предоставляемых потребителям и улучшение экологической обстановки в городе. Речь идет об универсальном комплексе по утилизации и обезвреживанию вновь образованных ТКО и ОСВ, направленном на снижение негативного воздействия на окружающую среду с ориентацией на лучшие мировые практики. Самые современные технологии, существующие сегодня в мире, будут внедрены как на этапе глубокой сортировки, что позволит максимально извлекать вторичное сырье в автоматическом режиме, так и для воздухоочистки, что гарантирует отсутствие негативного воздействия на окружающую среду.

Комплекс будет перерабатывать не менее 350 тысяч тонн ТКО и 100 тысяч тонн ОСВ в год. Универсальный комплекс позволит решить проблему утилизации и обезвреживания ТКО и ОСВ, образующихся в процессе жизнедеятельности города. Необходимо отметить, что проект совместного обезвреживания и утилизации твердых коммунальных отходов и осадка сточных вод является энергоэффективным [2].

Литература:

1. **Крупнова Т.Г.,** Кострюкова А.М., Машкова И.В. Обзор современных технологий обработки осадков городских сточных вод // Сельское, лесное и водное хозяйство. 2014. № 7 [Электронный ресурс]
2. **Водоканал г. Санкт-Петербурга** (электронный ресурс)

А.А. Ерунов, студ.; рук. П.В. Хорева, асс. (НИУ «МЭИ»)

АКТУАЛЬНОСТЬ ЛИКВИДАЦИИ НАКОПЛЕННЫХ ПЕСТИЦИДОВ В РФ.

Пестициды – собирательное название веществ или смеси веществ химического или биологического происхождения, которые используют для борьбы с вредными насекомыми, грызунами, сорняками, возбудителями болезней растений и животных, а также используемое для регуляции роста и развития растений, удаления растений на корню, удаления листьев, цветов, завязей, отпугивания животных, их привлечения, стерилизации и т.д. Раньше пестициды называли ядохимикатами. Сегодня в российский Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, внесено порядка 650 видов химических средств защиты растений и свыше 1100 агрохимикатов. Это наибольшее количество пестицидов, разрешенных к использованию в России за последнее десятилетие [1].

До настоящего времени не утилизированы запрещенные к дальнейшему использованию пестициды, часть которых обезличена и не может быть идентифицирована. Так, например, в Воронежской области накоплено 892,5 тонны, Саратовской - 611 тонн, Курской - 582,3 тонны, Тюменской - 237 тонн запрещенных пестицидов [2]. Данные цифры явно показывают, что необходимо срочно решать проблему с ликвидацией пестицидов, иначе дальнейшее их накопление приведет к экологической катастрофе.

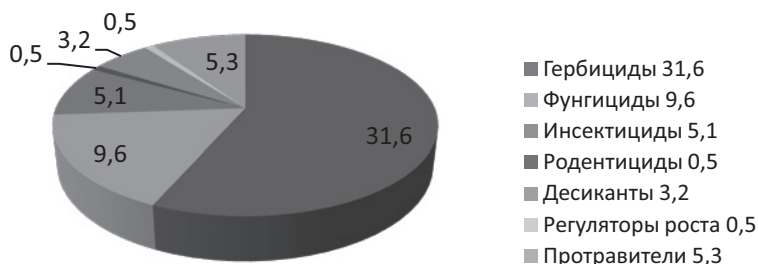


Рис.1. Объем применения пестицидов в РФ (тыс. тонн)

Литература:

1. **Агрохимия** - сборник рекомендаций и препаратов по профилактике и защите растений от заболеваний и вредителей (электронный ресурс)
2. **Микробы и человек** – информационный портал (электронный ресурс)

А.В. Янаев, студ.; рук. П.В. Хорева, асс. (НИУ «МЭИ»)

РЕКОНСТРУКЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ Г.МОСКВЫ.

Сточные воды – это загрязненные различными производственными отходами воды, для удаления которых с территории населенных пунктов и предприятий промышленности оборудуются специальные канализационные системы. Одна из таких систем – это Люберецкие очистные сооружения (ЛОС) г. Москвы мощностью 3 млн.м³/сут, являющиеся крупнейшими в Европе.

В 2013-2018гг. была проведена реконструкция ЛОС, главной целью которой являлась устранение неприятного запаха в северо-западном, северо-восточном, восточном и юго-восточном секторах столицы. Для этого перекрыли основные источники запаха: первичные отстойники сточных вод, подводящие каналы, приемные камеры, песколовки и илоуплотнители. В общей сложности перекрыли 73,4 тысячи м² открытых поверхностей. На отстойниках ЛОС внедрили оригинальную разработку российских инженеров — плоские плавающие перекрытия. Плоские плавающие перекрытия более компактны и экономичны в процессе. Выброс сероводорода (основного источника неприятного запаха) в атмосферный воздух уменьшается на 95–97%. Промышленные испытания показали, что плавающие перекрытия более надежны и имеют высокую технологическую эффективность. Кроме того, для устранения неприятного запаха смонтировали 21 установку по очистке вентиляционных выбросов. Кроме того, в августе 2018 года, разместили еще 14 установок типа «Вентлит» общей производительностью 125 тысяч м³. Также из эксплуатации вывели 79,3 тысячи м² сооружений, в том числе 18 уплотнителей сброженного осадка общей площадью 15 тысяч м². Создан единый центр обработки осадка. Устаревшие фильтр-прессы заменили на девять современных высокопроизводительных центрифуг. Открыли две автоматизированные станции мониторинга атмосферного воздуха. Все превышения по выбросам фиксируются в режиме реального времени, и за последние два года загрязнений воздуха не было.

Эти мероприятия позволили улучшить качество жизни порядка двух миллионов жителей восточных и юго-восточных районов Москвы, которые в зависимости от направления ветра периодически оказывались в зоне неприятных запахов.

Литература:

1. **Официальный сайт мэра Москвы** (Электронный ресурс)
2. **МОСВОДОКАНАЛ, Люберецкие очистные сооружения** (электронный ресурс)

*Ч.А. Ламажык, студент; рук. Т.А. Степанова, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ГАЗИФИКАЦИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ СОВМЕСТНО С ДРЕВЕСНЫМИ ОТХОДАМИ В РЕСПУБЛИКЕ ТЫВА

По данным на 2017 г. численность населения в Тыве составляет 318,55 тыс. чел., площадь субъекта федерации - 168 604 кв. км. Общий объем образования отходов производства и потребления составил в 2015 г., по данным «Росприроднадзора» 2,64 млн. т. Интенсивность образования ТБО на душу населения составила 0,133 т/чел в год.

Полигон по обезвреживанию и захоронению промышленных и бытовых отходов на территории республики только один – в г.Кызыле, но в настоящее время он закрыт, поэтому отходы отправляются на свалки, которые сейчас приближаются к черте населенных пунктов, а в некоторых случаях уже располагаются в поселковой черте.

Для решения проблемы и в целях снижения негативного воздействия на окружающую среду возможна газификация ТБО совместно с древесными отходами. Учитывая количество древесных отходов, образующихся от деревообрабатывающего завода можно взять соотношение 50% ТБО и 50% древесных отходов, с теплотой сгорания $Q_{н}^P = 12147,5$ кДж/кг.

Таблица 1.

Процентный состав смеси ТБО совместно с древесными отходами

Компоненты	C	H	O	N	S	A	W
Содержание, %	35.94	3.19	25.17	0.74	0.22	12.36	24.28

По результатам расчета с 1 тонны ТБО с древесными отходами в принятом соотношении можно будет получать 750 - 850 кВт·ч электроэнергии, или 2.3-2.5 Гкал - тепловой энергии для обеспечения близлежащих поселков или деревень.

Литература

1. **Попов С.К.**, Ипполитов В.А. Процессы и установки газификации топлива. М.: Издательство МЭИ, 2016.
2. **Загруднинов Р.Ш.**, Рыжков А.Ф. и др. Слоевые газогенераторы для региональной энергетики // Электрические станции. 2012. №10.С.42-49.

А.А.Чаймелов, студент;

рук. К. В. Строгонов, к.т.н., доцент. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПОДОГРЕВА ЛОМА В БАДЬЕ- ТЕРМОС

В настоящее время, ведущая роль в производстве качественной и высоколегированной стали принадлежит электросталеплавильному способу. Благодаря ряду принципиальных особенностей этот способ приспособлен для получения разнообразного по составу высококачественного металла с низким содержанием серы, фосфора, кислорода и других вредных или нежелательных примесей и высоким содержанием легирующих элементов, придающих стали особые свойства — хрома, никеля, марганца, кремния, молибдена, вольфрама, ванадия, титана, циркония и других элементов.

Но наряду с преимуществами, существует и ряд проблем, которые сдерживают развитие электросталеплавильного производства. Самой главной является высокая стоимость электрической энергии. В настоящее время большое внимание уделяется снижению потребления энергии. Так, применение газообразного топлива и кислорода, а также тепла отходящих газов для предварительного подогрева лома позволило снизить удельный расход электроэнергии до 270 -330 кВтч/т [1].

В данной работе была поставлена задача повышения энергетической эффективности электросталеплавильного процесса литейного производства. В работе была рассмотрена технология предварительного нагрева шихты, для выплавки стали в дуговой электрической печи (ДСП). Были рассчитаны тепловые балансы печи для варианта без подогрева лома и для варианта с подогревом лома до 600°C. Было разработано устройство для предварительного нагрева лома [2]. Тепловой баланс разработанного устройства составил 3616 МДж, расход газа 16.46 м³/т. Экономический эффект от перехода на предварительный подогрев лома природным газом, составил 44 млн. рублей.

Литература

1. **Бигеев А.М.** «Металлургия стали»: учебник для вузов – М: Metallurgia, 2000 г.
2. **Патент №182800** Российской Федерации МПК51 F27D 13/00 УСТРОЙСТВО (БАДЬЯ-ТЕРМОС) ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ СУШКИ И НАГРЕВА ЛОМА/ Чаймелов А.А., Строгонов К.В.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ" (ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ")-№2018117626; заявка от 14.05.18; опубл. 03.09.2018 Бюл. № 25

Д.Е. Вередин, студент; рук. А. В. Тахасюк ст. преподаватель (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ 12 МВт С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

На сегодняшний день общий износ объектов ЖКХ по стране составляет порядка 70-80%, в том числе износ котельных – 54,5 %, износ тепловых сетей – 62,8 %, износ центральных тепловых пунктов – 50,1 %, а тепловых насосных станций – 52,3 %. Замена оборудования и ввод новых объектов идет медленно, а темпы износа составляют 1–2 % в год. В связи с этим значительно увеличиваются тепловые потери при транспортировке тепловой энергии, учащаются аварийные ситуации, вследствие чего возникают перебои в теплоснабжении, а также несоответствие требуемого теплового режима. В результате выше перечисленных проблем, а иногда просто из-за большой удаленности ТЭЦ или районной котельной используют децентрализованные системы теплоснабжения.

Данная работа посвящена разработке автономного источника теплоснабжения с применением современного оборудования котельной, что позволяет достичь более высоких показателей КПД, уменьшить затраты на топливо, электрическую энергию, увеличить экологические показатели.

Литература

1. **Методика** определения потребности в топливе, электрической энергии и воде при производстве и передаче тепловой энергии и теплоносителей в системах коммунального теплоснабжения, утвержденной заместителем председателя Госстроя России 12.08.03.

В.А. Усанов, студ.; И.М. Бернадинер, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ
ТОКСИЧНЫХ ОТХОДОВ НА ПРИМЕРЕ
ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ БИФЕНИЛОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ
ТОВАРНОЙ ПРОДУКЦИИ**

Исследования, касающиеся утилизации полихлорированных бифенилов (ПХБ), ведутся во всем мире более 25 лет. ПХБ оказывают пагубное влияние на окружающую среду, под солнечными лучами они разлагаются и образуют очень опасные вещества – диоксины, гораздо более токсичные чем сами ПХБ. Диоксины оказывают негативное влияние и на организм человека, в частности на эндокринную систему и оплодотворение [1].

В качестве объекта исследования выбрано трансформаторное масло “Совтол-10”. В настоящее время существует несколько способов унижения ПХБ. Наиболее часто встречающийся метод – простое сжигание при высоких температурах, существует множество различных установок, в которых может происходить данный процесс, например, циклонные реакторы, доменные и барабанные вращающиеся печи. В работе рассматривается вращающаяся печь на предприятии ОАО “Мордовцемент”.

Технологическая схема установки высокотемпературного обезвреживания включает в себя накопительную ёмкость для отходов ПХБ, вращающуюся печь для производства цемента, линию предварительной обработки исходного сырья, холодильник для охлаждения обожжённого цемента, каплеуловитель, рукавный фильтр, дымовую трубу, а также вспомогательное оборудование.

Жидкие отходы ПХБ подаются через форсунки прямо в рабочее пространство цементной печи с расходом 100 кг/час. Внутри происходит горение природного газа и жидких отходов. Нейтрализация хлористого водорода (HCl), образующегося при обезвреживании хлорорганических отходов, осуществляется в системе мокрой газоочистки путем впрыска соответствующих щелочных или щелочноземельных реагентов. Далее газы проходят через рукавный фильтр типа ФРКИ с импульсной продувкой каждого каркасного рукава.

Предлагаемая технология обеспечивает не только сохранение требуемых свойств и характеристик товарной продукции – цемента, но и обеспечивает высокую экологическую эффективность процесса высокотемпературного обезвреживания токсичных отходов.

Литература

1. **Безопасная** эксплуатация ПХБ-оборудования, его очистка и уничтожение. Российское Энергетическое Агентство, UNIDO. 2016 – 44с.

Д.С.Еремеева, студ.; рук. А.В.Бурмакина, к.т.н., ст.преп. (НИУ «МЭИ»)
АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА

На сегодняшний день, потребность некоторых регионов нашей страны в энергетической независимости и гарантированном обеспечении энергией возросла. Особенно эта проблема касается удаленных от центра областей, куда доступ классических видов топлива, весьма ограничен.

Целью данной работы является получение генераторного газа из древесного топлива, который по своим свойствам не будет уступать природному газу.

В ходе работы, было изучено влияние коэффициента расхода окислителя (α) и объемной доли кислорода (K_{O_2}) на состав получаемого генераторного газа. Задачей было получить такой состав генераторного газа, чтобы его жаропроизводительность достигла значения жаропроизводительности природного газа.

Расчет изначально производился на абсолютно сухое топливо [1] при начальных условиях, когда $\alpha = 0,36$ и $K_{O_2} = 0,21$, при расчетах использовалась методика представленная в [2]. Состав полученного в ходе расчетов генераторного газа и его жаропроизводительность, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Состав и $t_{жар}$ генераторного газа при $\alpha = 0,36$ и $K_{O_2} = 0,21$

CH ₄ , %	CO, %	H ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	N ₂ , %	$t_{жар}$, °C
0,004927	26,727	15,726	4,881	7,697	44,97	1804

При начальных условиях полученная температура не удовлетворяет необходимым условиям, поэтому, для достижения $t_{ж} = t_{ж}^{ПГ}$ в расчетах снижали α и увеличивали K_{O_2} . Например, необходимая жаропроизводительность была получена при $\alpha = 0,3$ и $K_{O_2} = 0,3$. Характеристики полученного генераторного газа представлены в таблице 2.

Таблица 2. Состав и $t_{жар}$ генераторного газа при $\alpha = 0,3$ и $K_{O_2} = 0,3$

CH ₄ , %	CO, %	H ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	N ₂ , %	$t_{жар}$, °C
0,0024	35,638	23,662	4,729	6,252	29,719	2047

В результате проведенных расчетов была определена необходимая жаропроизводительность. Таким образом, полученный газ, можно использовать в ВТУ и в котельных агрегатах, переводимых с природного газа на генераторный.

Литература

1. **Смирнов А.П., Мельников Е.С.** Лесная пирология: Учебное пособие. СПб: СПб ГЛТА, 2006.
2. **Попов С.К., Ипполитов В.А.** Практикум по высокотемпературной теплотехнологии. Решение задач в среде Mathcad. М.: Издательство МЭИ, 2006.

Д.Р. Голубовская, студент;

рук. И.М. Бернадинер, к.т.н., доц.(НИУ «МЭИ»)

ВНЕДРЕНИЕ ПЛАЗМОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА ПОЛИГОНЕ «ЛЕВОБЕРЕЖНЫЙ»

В настоящее время вопрос по переработке твердых коммунальных отходов (ТКО) на Химкинском полигоне «Левобережный» до сих пор остается открытым. Несмотря на то, что официально полигон считается закрытым на сегодняшний день, местные жители наблюдали ситуации по возобновлению приема ТКО. Тем самым, накопившаяся гора мусора с середины 1970-х годов, площадью около 20 га и высотой примерно с 12-14-этажный дом, а также накопление новых отходов, все больше ухудшают экологическую обстановку как и в городском округе Химки, так и на северо-западе Москвы. На данный момент на полигоне размещено более 40 млн. т отходов. Разные погодные условия также влияют на внешний и внутренний вид свалки: тело полигона со временем начинает “сползать” в сторону рек Бусинки, также выделяя различные пары, отравляющие окружающую среду.

В связи с этим, предлагается внедрение полупромышленной плазменной установки [1]. Нами были произведены соответствующие расчеты плазменной горелки и реактора-газификатора. Плазменный метод открывает широкие перспективы в энергетике, например, получение синтез-газа в процессе переработки различных отходов. Суть плазменного метода заключается в следующем: низкотемпературная плазма (2000-10000°C) генерируется в специальных плазматронах, далее плазменная струя вводится в реактор (стальной цилиндр, в котором поддерживается температура в диапазоне 1200-1500°C, чтобы исключить образование диоксинов), с температурой 2000-6000°C [1]. Таким образом, передаваемое количество энергии переводит вещество, находящееся в твердом или жидком состоянии, в газообразное, а затем оно расщепляется на мелкие частицы. При использовании данного метода не выделяется CO_2

Литература

1. Рутберг Ф.Г., Кузнецов В.А. Энергия из отходов. Энергетическая безопасность. – Научная статья.2014.

А.И. Лэхов, студент;

рук. И.М. Бернадинер, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПИРОЛИЗНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТВЕРДЫХ КОМУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ И ЕЕ ВНЕДРЕНИЕ НА МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНОМ ЗАВОДЕ № 3

Значительное место в утилизации твердых коммунальных отходов (ТКО) уделяется термическому разложению как способу преобразования в низкомолекулярные соединения. Важное место среди методов обезвреживания принадлежит пиролизу. Пиролиз - это термическое расщепление органических веществ с целью получения полезных продуктов. При более низких температурах до 600°C образуются в основном жидкие продукты, а выше 600°C - газообразные, вплоть до технического углерода.

Для улучшения экологической ситуации и увеличения количества сжигаемого мусора в ЮАО Москвы, предлагается внедрение пиролизной установки на Мусоросжигательном заводе № 3 ГУП «Экотехпром». Способ обработки включает загрузку ТКО и сыпучего инертного теплоносителя в вертикальную шахтную печь, инициацию процесса пиролиза путем подачи горячей пароводяной смеси, получение низконапорного пиролизного газа и его сжигание с утилизацией теплоты сгорания. К низконапорному пиролизному газу подводят дополнительную энергию путем смешения в эжекторе с потоком высоконапорного воздуха, температуру пароводяной смеси поддерживают на уровне 60-800°C, температура в зоне газификации ТКО составляет 150-2500°C, а температуру и давление газа после сгорания поддерживают на уровне, соответственно, 600-10000°C и 0,5-1,1 МПа [1].

Литература

1. **Систер В.Г.**, Мирный А.Н., Скворцов Л.С., Абрамов Н.Ф., Никогосов Х.Н. Твердые бытовые отходы (сбор, транспорт и обезвреживание), 2001 г.

В. С. Королёв, студент; рук. А. В. Тахасюк, ст. преподаватель (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ БЛОЧНО - МОДУЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ МОЩНОСТЬЮ 4 МВт ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МИКРОРАЙОНА

При строительстве объектов жилищно-коммунального сектора встаёт вопрос об источнике теплоснабжения. Зачастую ими могут выступать ТЭЦ или районные котельные, но нередко это не осуществимо из-за их загруженности, удалённости и отсутствия. Так же известны сложности и проблемы централизованного теплоснабжения, технического состояния тепловых сетей, изношенность которых является причиной не только чрезмерных потерь, но и снижения надёжности теплоснабжения. Существенны затраты электроэнергии на транспортировку теплоносителя по тепловым сетям, имеет место перерасход топлива и перетапливание зданий в тёплые периоды отопительного сезона. В последнее время при обилии отопительного оборудования, в том числе автоматизированных котлов, вопрос проектирования автономных источников энергии становится актуальным.

Данная работа посвящена разработке тепловой схемы и подбора оборудования полностью автоматизированной блочно-модульной котельной, работающей без обслуживающего персонала, предназначенной для покрытия тепловых нагрузок пяти жилых домов.

Литература

1. **Методика** определения потребности в топливе, электрической энергии и воде при производстве и передаче тепловой энергии и теплоносителей в системах коммунального теплоснабжения, утвержденной заместителем председателя Госстроя России 12.08.03.

*С.И. Микрюков, асп.; рук-ли И.М. Бернадинер, к.т.н., доц.; В.П. Албул,
вед. инж. (НИУ МЭИ)*

ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И УСТРОЙСТВ ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ТРАНСПОРТ ГАЗА)

В настоящее время мероприятия по повышению эффективности использования различных видов энергии основываются на энергетических исследованиях, проводимых преимущественно с помощью первого закона термодинамики путем составления энергетических балансов систем и процессов. Такие балансы не учитывают «качества» энергии. Электрическая, механическая, химическая, тепловая энергия, все оцениваются одинаково.

Эксергетический анализ на основе второго закона термодинамики, позволяет количественно определить работоспособность системы, учитывая влияние неравновесности термодинамических процессов на эффективность преобразования энергии, относительно состояния равновесия с окружающей средой.

Применимо к термомеханическим системам, эксергетический анализ позволяет определить насколько ухудшается качество энергии при переходе из одного узла в другой, где имеют место действительные потери.

В рамках работы предложена методика расчета эксергетических КПД для газоперекачивающих агрегатов, компрессорных станций и участков газопровода, соединяющих компрессорные станции. Были рассчитаны энергетические и эксергетические КПД, на основе анализа определены резервы повышения энергоэффективности

*Е.М. Кувшинов, К.А. Коркоц студенты;
рук. К.В. Строгонов, к.т.н. доцент (НИУ «МЭИ»)*

ПЕРСПЕКТИВЫ УСТАНОВКИ РЕКУПЕРАТИВНЫХ ГОРЕЛОК НА КАМЕРНЫЕ ПЕЧИ ОБЖИГАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННУЮ КЕРАМИКУ

Значительную роль в работе промышленных печей играет эффективное использование тепла с уходящими газами. При эксплуатации в большинстве работающих печей с уходящими газами теряется более 50 % потенциала тепловой энергии (рабочая температура процесса доходит до 1300 °С и более). Продолжительность «нагрев – выдержка – охлаждение» составляет 30 ч. [1]. Удельный расход топлива в печах малой производительности составляет 13,3 м³/кг [1]. Поэтому потенциал энергосбережения может быть очень большой, а его использование сократит издержки промышленных предприятий.

Рекуперативные горелки были разработаны с целью использования тепла дымовых газов для подогрева воздуха. Рекуператор представляет собой теплообменник, обеспечивающий подогрев поступающего воздуха горения за счет тепловой энергии отходящих газов, обеспечение экономии оценивается в 25% для агрегатов периодического действия [2].

Однако рекуператор неспособен обеспечить подогрев воздуха до температуры, превышающей 550-600 °С [3]. Рекуперативные горелки могут использоваться при высокой рабочей температуре технологического процесса (700-1100 °С) [3]. Рекуперативные горелки позволяют утилизировать 85-90% тепла отходящих газов, обеспечивая подогрев до высоких температур, которые могут достигать величины поступающего воздуха горения всего на 100-150°С меньше, чем рабочая температура печи, тем потребление топлива может быть снижено на 60% [3].

Литература

1. **Троякин Ю.В.** Энергетическая эффективность ограждений промышленных тепловых установок. Промышленная энергетика. - 2014. - № 7.
2. **Строгонов К.В.,** Попов С.К., Абакин Д.А. Энергосбережение при сушке и нагреве футеровки сталеразливочных ковшей. Промышленная энергетика. - 2014. - № 1. - С. 7-10
3. **<http://www.energsovet.ru/entech.php?idd=82>**

Савчин В.М студент;

рук. И.М. Бернадинер, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПЕРЕРАБОТКА РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ

Радиоактивные отходы (РАО) в процессе текущей деятельности образуются во всех отраслях атомной промышленности: на атомных электростанциях (АЭС), радиохимических производствах, предприятиях, обслуживающих корабли с ядерными энергетическими установками, промышленных предприятиях, применяющих радионуклиды, научно-исследовательских и медицинских центрах. В настоящее время в Российской Федерации накоплено порядка 650 млн. м³ жидких радиоактивных отходов (ЖРО) и твердых радиоактивных отходов (ТРО) суммарной активностью более $6 \cdot 10^{19}$ Бк. Наиболее распространенными методами переработки ТРО являются: сжигание, цементирование, низкое или высокое прессование, плазменная переработка и плавление в электрических печах.

В работе рассматривается установка для переработки РАО методом плазменной переработки. Установка включает узел загрузки отходов, шахтную печь с плазменным источником энергии, устройство для подачи воздуха в печь и камеру сжигания пирогаза, теплообменник, систему газоочистки, насосы и емкости для реагентов и продуктов переработки, арматуру.

Эта установка позволяет перерабатывать ЖРО а также смешанные ТРО, содержащие не только горючие компоненты (древесину, бумагу, ветошь, пластики), но и негорючие (металл, стекло, грунт, изоляционные материалы).

В плазменной среде в этой установке осуществляется расплавление и последующее окисление металлических отходов, окисление горючих и расплавление негорючих неметаллических материалов. В итоге жидкости и органические материалы испаряются, а радиоактивные материалы превращаются в химически инертную стекловидную массу.

Преимуществами плазменного процесса перед другими методами сжигания РАО являются, в частности, отсутствие необходимости в тщательной сортировке отходов, существенное сокращение содержания вредных примесей в отходящих газах.

Выполнены расчеты материальных балансов горения топлива и отходов, теплового баланса плазменной шахтной печи.

Необходимо разработать высокоэффективную систему очистки отходящих газов.

М. С. Шишулин, студ.; рук. И. М. Бернадинер, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЛАКА ТКО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КАМЕННОЛИТЕЙНОЙ ПРОДУКЦИИ

В наше время проблема воздействия на окружающую среду различными загрязняющими веществами становится особо актуальной. По всему миру одной из приоритетных задач для её решения является утилизация и переработка коммунальных отходов, и Россия не стала исключением. Особенно сильно проблемой затронут Московский регион.

Полигон хранения твердых коммунальных отходов (ТКО) «Кучино» (Балашиха) – один из 24-х закрытых полигонов ТКО из 39 в Московской области. В 2017 году после обращения в ходе «Прямой линии» к президенту России жителя Балашихи, президент РФ прибыл на полигон для его закрытия. На сегодняшний день правительство Московской области приступило к первой части рекультивации, дегазации полигона.

Открытые полигоны переполнены и также нуждаются в рекультивации. Стоит отметить, что с 2018 года за размещение ТКО на полигонах взимается плата за негативное воздействие на окружающую среду.

В работе рассмотрена проблема утилизации отходов и вариант ее решения с помощью использования шлака ТКО и уловленной летучей золы для производства каменнолитейной продукции, которая была и остается очень востребованной почти в любой сфере производства.

В работе были выполнены расчеты горения отходов и дополнительного топлива, материального и теплового балансов установки сжигания ТКО, необходимого количества добавок для производства каменного литья. Результаты расчета добавок приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Количество добавок для производства каменного литья

	Состав шлака, %	Требуемый состав каменного литья, %	Кол-во добавок для получения 1кг каменного литья, кг _д /кг _{к.л.}
SiO ₂	57,5	48,3	0,277
Al ₂ O ₃	8,5	15,7	0,123
Fe ₂ O ₃	6,7	11,3	0,089
FeO	-	4,1	-
CaO	11,2	11,6	-
MgO	1,4	6,1	-
K ₂ O+Na ₂ O	7,5	2,9	-
Прочее	7,2	-	0,018
CaCO ₃	-	-	0,13
MgCO ₃	-	-	0,115
Итого:			0,752 кг_{доб}/кг_{к.л.}

*В.А. Екимова, студ.; рук-ли. И.М. Бернадинер, к.т.н., доц.;
П.В. Хорева, асс.(НИУ «МЭИ»)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ СО В ДЫМОВЫХ ГАЗАХ ПРИ СЖИГАНИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Осадки городских сточных вод (ОСВ) имеют большие объёмы, очень высокую влажность (до 98%) и содержат органические вещества, способные быстро разлагаться и гнить. Из-за неоднородного состава и свойств может меняться содержание дымовых газов после термической ликвидации ОСВ [1]. Авторами были выполнены экспериментальные исследования по изучению термического обезвреживания ОСВ с 4 разных станций аэрации. В электрической печи «Nabertherm HT 04/17» производился нагрев образцов с 40°C до 1000°C. Время каждого эксперимента составило 1 час 40 минут. В экспериментальном исследовании использовался газоанализатор «MRU VARIO Plus». В таблице 1 представлены результаты измерений концентрации СО в дымовых газах, образованных при сжигании ОСВ с 200°C до 800°C.

Таблица 1

Концентрация СО в дымовых газах, %

Температура °С	Зеленоградская станция аэрации	Люберецкие очистные сооружения	Очистные сооружения Южное Бутово	Курьяновские очистные сооружения
200	0,0143	0,0003	0,0001	0,0002
300	0,1411	0,0493	0,0040	0,0258
370	0,2520	0,2300	0,0328	0,0545
400	0,2070	0,3790	0,1128	0,1295
500	0,0720	0,0940	0,2270	0,0920
560	0,0177	0,0109	0,0610	0,0088
600	0,0070	0,0054	0,0050	0,0032
700	0,0014	0,0008	0,0003	0,0009
740	0,0006	0,0002	0	0,0006
800	0	0	0	0

В результате эксперимента было выявлено, что максимальный выход СО обнаруживается в интервале температур от 300°C до 500°C. Также экспериментально доказано, что к 800°C полностью окисляется органическая часть осадка и выделение СО сводится к 0.

Литература

1. Моран Э., Плеханов А. В., Лобанов Ф. И. Термическая обработка – перспективное направление утилизации осадков сточных вод // Water supply and sanitary technique. 2017. No. 6

*А.Д. Дорошин, студент; рук. И.М. Бернадинер, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ПИРОЛИЗ - ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

В работе затронуты способы утилизации и переработки печатных плат для извлечения из них цветных и драгоценных металлов.

Предлагается утилизация печатных плат методом низкотемпературного пиролиза при температуре 450-550°С на Установках Термической Деструкции. Технология позволяет уменьшить вес отходов и избежать необходимости применения сложного и дорогостоящего пирометаллургического процесса, без которого не обходятся традиционные методы переработки. Преимущество технологии в том, что достигается:

- максимальная степень очистки от сторонних материалов;
- большая степень извлечения драгоценных металлов;
- легкость извлечения драгоценных металлов из сухого остатка переработки;
- увеличение концентрации драгоценных металлов.

Основным продуктом переработки является металлический концентрат, который направляется на переплавку в электропечи и после очистки от шлаковых образований подвергается электролизу с целью получения чистой меди, и отделения концентрата драгоценных металлов для их последующего разделения. В работе были проведены расчеты материальных и тепловых балансов, определено количество жидкой и твердой фракции на выходе из реактора Установки Термической Деструкции.

Так же отдельное внимание стоит уделить механическим методам переработки печатных плат, при котором платы и разобранные детали размалываются до необходимых размеров, после чего они поступают на установку тонкого измельчения. Полученный порошок подвергают воздействию вихревых токов в сепараторах, где металлы отделяют благодаря их электропроводности, остатки неметаллической фракции утилизируются термическими методами переработки.

**П.Н. Григорьев, студ.; рук. С.Н. Петин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
АНАЛИЗ ГАЗОКИСЛОРОДНОГО ИСТОЧНИКА В
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УСТАНОВКАХ (ВТУ)**

В настоящее время для сокращения непроизводительных потерь и улучшения технико-экономических показателей ВТУ существует способ применения газокислородного источника энергии. Данная технология дает множество положительных аспектов, таких как: повышение температуры горения, уменьшение объемов продуктов сгорания, повышение излучательной способности факела, увеличение производительности, что приводит к снижению удельного расхода топлива. Освоение данной технологии широко внедряется за рубежом [1].

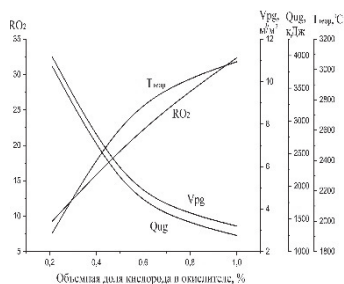


Рисунок 1. Влияние K_{O_2} на характеристики процесса горения.

Для подтверждения указанных преимуществ были произведены расчеты процессов горения природного газа в окислителе при изменении объемной доли кислорода (K_{O_2}), при использовании методик, предложенных в [2]. Расчеты выполнялись при коэффициенте расхода окислителя $\alpha=1,05$. Результаты расчетов представлены на рисунке 1, из которого видно, что при увеличении K_{O_2} возможно:

- 1) снижение объемов продуктов сгорания - $V_{прг}$ более, чем в 3 раза, что приводит к снижению тепловых потерь с уходящими газами $Q_{уг}$ (расчеты проводились при температуре отходящих газов равной $250\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- 2) увеличение доли RO_2 с 9 до 32%, что способствует увеличению излучательной способности факела;
- 3) увеличение теоретической температуры горения с 1920 до $3052\text{ }^{\circ}\text{C}$, что может привести к увеличению производительности ВТУ.

Из проведенных расчетов следует, что использование увеличенной K_{O_2} в ВТУ является предпосылкой к снижению расходов топлива и целесообразно для внедрения не только на зарубежных, но и на отечественных ВТУ.

Литература

1. **Карп И.Н.** Использование кислорода и обогащенного кислородом воздуха в нагревательных печах, колодцах, стендах разогрева, сталеразливочных ковшей. / Карп И.Н., Зайвый А.Н., Марцовой Е.П., Пьяных К.Е. // Энерготехнологии и ресурсосбережения. – 2012. – №3 – С.18–29.
2. **Попов С.К.** Практикум по высокотемпературной теплотехнологии. Решение задач в среде Mathcad. /Попов С.К., Ипполитов В.А. – М.: Изд. дом МЭИ, 2006.

В.А. Масловский, студ.; рук. С.К. Попов, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПЕРСПЕКТИВЫ ТОРРЕФИКАЦИИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Рост цен на ископаемые топлива и ужесточение требований к экологической безопасности технологий стимулируют поиск и исследование новых источников энергии. Одно из перспективных направлений этих исследований – получение торрефиката из биомассы [1].

Торрефикация – термохимический процесс переработки биомассы и других углеродсодержащих материалов, реализуемый в диапазоне температур 200 – 300 °С с целью получения твердого углеродистого остатка, называемого торрефикатом, который может быть использован как вторичное топливо. Процесс реализуется при низких значениях коэффициента расхода окислителя либо в отсутствие окислителя (режим низкотемпературного пиролиза).

Цель работы – исследование зависимости состава газообразного продукта торрефикации (генераторного газа) и теплового баланса процесса от режимных его параметров, а также анализ возможности вовлечения торрефиката в энергобалансы регионов РФ.

Разработана и реализована в среде MathCad математическая модель реактора торрефикации, основанная на следующих допущениях: реактор работает непрерывно и находится в установившемся тепловом состоянии; торрефикации подвергается древесина; водород, азот и кислород, содержащиеся в рабочей массе древесины, полностью участвуют в процессе образования генераторного газа; часть углерода, содержащегося в древесине, не участвует в процессе торрефикации, образуя коксовый остаток, который удаляется из реактора вместе с золой; компоненты генераторного газа на выходе из реактора находятся в состоянии термодинамического равновесия, определяемого равновесием реакций водяного сдвига и паровой конверсии метана.

Исследуемая функция – удельный расход теплоты, подводимой извне к реактору торрефикации. Варьируемые режимные параметры: массовая доля углерода, не переходящая в газовую фазу и отводимая из реактора торрефикации в твердом виде; температура генераторного газа; коэффициент расхода окислителя (воздуха); давление в реакторе.

Вовлечение торрефиката в энергобалансы регионов РФ дает заметную экономию первичного топлива.

Полученные результаты могут быть применены при разработке конструкции реактора торрефикации.

Литература

1. **Суоффер С., Заборски О.** Биомасса как источник энергии. М.: Мир, 1985.

*М.Н. Назаров студент;
рук. К.В. Строгонов, к.т.н. доцент (НИУ «МЭИ»)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ ОСВЕТЛЕНИЯ БАЗАЛЬТОВОГО РАСПЛАВА

В композитной отрасли одним из наиболее развивающихся направлений является производство изделий на основе непрерывных базальтовых волокон (далее НБВ). Для производства НБВ плавление базальтовых пород осуществляется в ваннах печах теплопередача к шихте происходит непосредственно излучением от факела горящего газа [1].

На сегодняшний день, применение традиционных конструкций высокотемпературных реакторов приводит к чрезмерному потреблению энергетических ресурсов, которые могут достигать 54 000 кДж на 1 кг расплава. При этом теоретический минимум на плавление 1 кг составляет 2591 кДж. Потенциал энергосбережения оценивается в 51 409 кДж на 1 кг расплава.

Столь существенный потенциал в энергосбережении определяет необходимость в разработке принципиально нового высокотемпературного реактора по производству НБВ.

На кафедре ЭВТ разработан реактор и начаты холодные эксперименты по подтверждению эффективности освещения моделирующей жидкости. В качестве моделирующей жидкости был выбран глицерин, так как его вязкость при температуре 5 °С имеет вязкость аналогичную к вязкости базальта при температуре 1400 °С и составляет 1,25 Па*с [2].

Эксперименты показали, что в предполагаемой зоне вытягивания нитей, моделирующая жидкость не имеет газовых включений. Эксперименты продолжаются.

Ожидается, что за счет применения кипящего слоя расплава и последующего вакуумирования габариты агрегата могут быть снижены с 15 метров до 2 – 5 метров.

Литература

1. Д.Д. Джигирис, М.Ф. Махова. Основы производств базальтовых волокон и изделий. – М.: Теплоэнергетик, 2002.
2. <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2017/RM17/pages/Articles/0605008-.pdf>

В.О. Беляева, студ.; рук. С.К. Попов, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЁТА НАГРЕВА
 МЕТАЛЛА В НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ С ШАГАЮЩИМ
 ПОДОМ**

Теплотехнические расчеты нагревательных печей – необходимый этап их конструктивной проработки, а также средство анализа путей энергосбережения в черной металлургии. В расчете нагревательной печи с шагающим подом наиболее трудоемким является расчет процесса нагрева металла, рассматриваемого как процесс двумерной нестационарной теплопроводности. Используемая для реализации этого расчета методика, изложенная в [1], опирается на применение номограмм, что с учетом итерационного характера процедуры расчета делает данную методику весьма трудоемкой. В этой связи представляется актуальной задача разработки и программной реализации математической модели нагрева металла, исключающей необходимость обращения к номограммам. Использование такой модели существенно облегчает и ускоряет расчет нагрева металла.

В разработанной и реализованной в среде Mathcad математической модели использованы известные аналитические решения задачи нестационарной теплопроводности [2, 3, 4] и принцип суперпозиции. Одним из упомянутых решений является зависимость безразмерной температуры θ от безразмерной координаты X , чисел Био и Фурье для пластины с равномерным начальным температурным полем

$$\theta = \sum_{n=1}^{n \rightarrow \infty} \frac{2 \cdot \sin \mu_n}{\mu_n + \sin \mu_n \cdot \cos \mu_n} \cdot \cos(\mu_n \cdot X) \cdot e^{(-\mu_n \cdot Fo)},$$

где μ_n – корни характеристического уравнения ($n = 1, 2, 3, \dots$), зависящие от числа Био; Fo – число Фурье. Применена также аналогичная функциональная зависимость для пластины с параболическим начальным температурным полем.

Выполнено исследование влияния количества учитываемых корней μ_n на результаты расчета. Определены условия рациональной организации итерационной процедуры расчета температурного поля в среде Mathcad.

Литература

1. **Тымчак В. М.**, Гусовский В. Л. Расчет нагревательных и термических печей: Справ. изд. М.: Металлургия, 1983.
2. **Исаченко В. П.**, Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача: Учебник для вузов. М.: Энергоиздат, 1981.
3. **Лыков А. В.** Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967.
4. **Пехович А. И.**, Жидких В. М. Расчёты теплового режима твердых тел. М.: Энергия, 1968.

Д.П. Хорошевская, студ.; рук. А.А. Валинеева, ст.преп. (НИУ «МЭИ»)
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RDF-ТОПЛИВА, ПОЛУЧЕННОГО НА
ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ, В
ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Альтернативное топливо RDF (refuse derived fuel) или твердое вторичное топливо – это топливо, полученное из твердых коммунальных отходов. В состав RDF входят высококалорийные компоненты отходов, такие как пластик, бумага, картон, текстиль, резина, кожа, дерево и пр. [1] RDF является более качественным топливом по сравнению с ископаемым.

Основные технологические этапы получения RDF:

1. Подготовка отходов;
2. Сепарация черных и цветных металлов;
3. Прессование и взвешивание вторичных материалов.

RDF можно использовать в качестве основного или дополнительного топлива в печах цементных заводов. Поскольку альтернативное топливо имеет теплоту сгорания 25,51 МДж/кг, и жаропродуктивность 2550 °С.

Сжигание RDF оказывает значительно меньшее воздействие на окружающую среду при использовании в качестве топлива в цементной промышленности, чем сжигание ТКО на мусоросжигательных заводах, т.к. оборудование цементных предприятий, в котором технологические процессы проходят при температуре более 1700°С, позволяет снизить до минимума содержание вредных веществ в отходящих газах при условии быстрого охлаждения. [1]

При получения плавленного цементного клинкера в плавильной камере к расплаву природного сырья (глинистые и карбонатные породы) вводят предварительно подогреваемую добавку (известь). При этом шлак RDF может частично заменить сырьё для клинкера, позволяя безотходно использовать ТКО. Далее клинкер перегревают сжиганием в расплаве смеси топлива и воздуха, а на завершающем этапе плавки доводят температуру расплава до жидкотекучего состояния. [2]

Литература

1. **Линии** производства альтернативного топлива RDF // URL: <http://www.ecorosstroy.ru/RDF/>
2. **FindPatent.ru** - патентный поиск, 2012-2018 // URL: <http://www.findpatent.ru/patent/219/2196116.html>

Д.О. Яковлев, студент;

рук. К. В. Строгонов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕЧИ КОЛЬЦЕВОГО (КАРУСЕЛЬНОГО) ТИПА

В металлургии для обогрева заготовок перед прокаткой используются различные виды печей. Одним из таких типов печей является печь карусельного типа, которая имеет ряд преимуществ по сравнению с альтернативными типами печей. Однако, в некоторых случаях данные печи используются недостаточно эффективно. Рассматриваемая в работе печь используется для обогрева низкогабаритных заготовок из легированной стали. Ввиду особенностей производственного процесса на конкретном предприятии, а так же конструктивных особенностей рассматриваемой печи [1], она используется в неполной мере её энергетических возможностей.

В работе предлагается расчёт и последующее применение методов повышения энергоэффективности, используемых в большинстве карусельных печей [2], а именно:

- перевод печи с периодического действия на непрерывное;
- добавление перегородок в рабочее пространство печи для организации выраженных зон обогрева;
- внедрение второго окна для выгрузки заготовок из печи (в данный момент используется одно окно и для загрузки, и для выгрузки заготовок).

Применение данных мер позволит увеличить производительность печи, эффективность нагрева заготовок, а так же снизит расход топлива для данной печи. На данный момент расход условного топлива на тонну обогреваемой стали составляет 49 кг.у.т/т (1439,3 МДж/т). По предварительной оценке, внедрение указанных мер позволит снизить расход топлива на обогрев заготовок приблизительно на 30%.

Литература

1. **Чертёж** "Карусельная печь для малоокислительного нагрева сутунки. Опыт-но-промышленная установка". Общий вид.
2. **Справ. изд. Под ред. Тымчака В.М. и Гусовского В.Л. М.** Металлургия, "Расчет нагревательных и термических печей." 1983.

*П.И. Бернадинер, студ.; рук-ли: В.Д. Ванюшкин, ст. преп.;
И.Н. Свистунов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)»*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ТВЕРДЫХ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА

Экологически безопасная утилизация изношенных автомобильных шин и других углеродсодержащих твердых органических отходов с получением вторичных энергетических и материальных ресурсов является актуальной проблемой. В настоящее время разрабатывается ряд направлений решения данной проблемы [1, 2], одно из которых – термохимическая переработка отходов шин.

Цель экспериментов – изучение температурных характеристик и выявление особенностей процесса охлаждения плотного слоя твердых продуктов пиролиза отходов шин для формирования рекомендаций по организации процесса в промышленных условиях.

Исследование процесса охлаждения твердых продуктов пиролиза выполнено в лаборатории кафедры Энергетики высокотемпературной технологии (ЭВТ) НИУ «МЭИ» на экспериментальной установке, включающей в себя туннельную печь, измерительную камеру с термопарами, заполняемую исследуемым материалом, а также систему автоматизированного сбора и обработки информации. Выполнена серия экспериментов с различными начальными условиями охлаждения.

В результате изучения температурных характеристик процесса охлаждения выявлена существенная особенность данного процесса, состоящая в появлении в охлаждаемом слое при определенных условиях внутренних источников теплоты на начальной стадии охлаждения. Наличие/отсутствие экзотермии зависит от температуры свободной поверхности (верхней части) слоя в начальный момент охлаждения.

На основе анализа полученных результатов сформулированы рекомендации по контролю и управлению температурным уровнем процесса промышленного пиролиза с целью исключения экзотермии и получения на выходе качественного коксового остатка.

Литература

1. **Pehlken A., Essadiqi E.** Scrap Tire Recycling in Canada. CANMET Materials Technology Laboratory. November 2005. DOI 10.13140/2.1.1941.8400
2. **Kalitko V.A.** Steam-thermal recycling of tire shreds: calculation of the rate of explosion-proof feed of steam. J. Eng. Phys. Thermophys. 2008. 81, 781–786.

Д.С. Мишкина, студ.; рук. А.А. Валинеева (НИУ «МЭИ»)

ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ЩЕБНЯ НА ОСНОВЕ ШЛАКА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ЕГО ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЦЕЛЯХ СТРОИТЕЛЬСТВА И БЛАГОУСТРОЙСТВА

Каждый год в нашей стране происходит образование свыше 70 млн. тонн ТКО. Чтобы уменьшить объём ТКО производится его переработка. В работе рассматривается технология сжигания ТКО в печах со шлаковым расплавом, обладающих рядом достоинств по сравнению с другими технологиями. В результате переработки мы получаем тепло и плавленные шлаки для производства строительных материалов.

Состав ТКО, представленный в таблице «Состав шлака ТКО и состав щебня», позволяет нам перерабатывать до 30 % от массы отходов в шлаковый щебень, который используется для производства тротуарной плитки. Используя ТКО в качестве топлива возможно достичь температуры 1200-1350°C, необходимой для получения щебня. Формирование необходимой структуры щебня достигается регулированием скоростей слива и охлаждения расплавленного шлака. Получение кристаллической структуры способствует медленному охлаждению шлака. Одни из важных преимуществ, полученного щебня являются экономичность и морозостойкость. Состав полученного щебня и количество добавок шлака ТКО представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Состав шлака ТКО и состав щебня

Наименование сырья	CaO	Al ₂ O ₂	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO
Шлаки от сжигания ТКО	20,83	10,06	51,74	16,36	1,01
Состав щебня	38,2	10,15	35,8	4,65	11,2
Расчёт добавок	1,17	0,264	0,75	0,0026	0,393

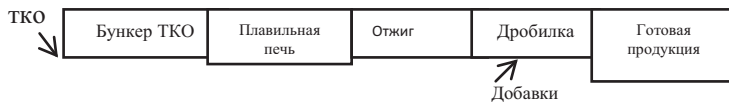


Рис.1 Технологическая схема производства щебня из доменного шлака

Литература

1. **Исследование** возможности переработки металлургических шлаков: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30963>
2. **Фракционный** щебень из доменных шлаков URL: <http://chemmk.severstal.com/rus/bytypes/1280/document4655.phtml>

Д.С. Цысь, студ.; рук. К.В. Строгонов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ МЕЛАССЫ

На сегодняшний день известно несколько вариантов утилизации мелассы свекловичной обедненной, которые стали широко распространены в США и Европе.

Например, утилизация обедненной мелассы свекловичной на корм скоту, другой вариант утилизации мелассы путем внесения в почву в качестве удобрения, ее разводят и разбрызгивают на полях. Известен способ получения бетаина из мелассы обедненной. Он также используется в качестве добавки к кормам для животных и при изготовлении мыла и жидких моющих средств [1].

Суть технического решения, предлагаемого в данной работе, заключается в утилизации мелассы свекловичной обедненной методом сжигания в топках энергетических котлов в качестве альтернативного жидкого котельного топлива из возобновляемых источников энергии [2].

Способ утилизации мелассы свекловичной обедненной включает в себя смешение и кавитацию на кавитационных устройствах типа: вихревого слоя, статические, динамические, струнные, роторные, роторно-импульсные, вибрационные, акустические, ультразвуковые и т.д., смеси состоящей из мелассы свекловичной обедненной, 20–80 масс.% и нефтяных жидких топлив 80–20 масс.% [3].

Тепловой расчет котла [4], который ранее работал на газе, при переходе на такую смесь указывает на снижение КПД установки с 90% до 79%, это объясняется тем, что жидкое котельное биотопливо хуже по физико-химическому составу горючих веществ, чем природный газ, на котором работал до этого котельный агрегат, а теплота сгорания у альтернативного топлива заметно меньше $Q_1^f=3457$ ккал/кг., чем у природного газа $Q_1^f=8868$ ккал/кг., при этом существенно снижаются затраты на топливо. Эффективность подобного использования вторичных энергоресурсов подтверждено на практике ведущими компаниями мира. Хотя такие технологии и требуют довольно больших капитальных затрат, окупаемость подобных систем достаточно быстрая и составляет от полутора до трех лет.

Литература

1. **А.Е. Юрченко.** Вторичные материальные ресурсы пищевой промышленности. М.: Экономика, 1984.
2. **И.М. Федоткин, А.Ф. Немчин.** Использование кавитации в технологических процессах. Киев: Высшая шк., 1984.
3. **М.Н. Бернадинер, А.П. Шурьгин.** Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. М.: Химия 1990.
4. **Н.В. Кузнецов, В.В. Митор.** Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). М.: Энергия, 1973.

Секция 34
ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ
ПРОМТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Руководитель секции: Захаров Сергей Витальевич
Секретарь секции: Горелов Михаил Валентинович

*Е.А. Иноземцева, М.М. Ерошин, О.Р. Балабан, студенты;
рук. Е.В. Ежов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПАРОГАЗОВОЙ СМЕСИ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ СТРУЙНОЙ КОНДЕНСАЦИИ

Экспериментальные исследования по изучению влияния поверхностно-активных веществ (ПАВ), а именно газа C_3F_8 , в парогазовой смеси (ПГС) на интенсивность струйной конденсации являются основанием для дальнейшего практического применения фторуглеродных ПАВ в теплотехническом оборудовании с фазовыми переходами.

Целью работы является определение диапазона геометрических параметров сопла и значений концентрации исследуемого газа, в котором наблюдается улучшение интенсивности конденсации.

Результаты расчета контактной конденсации [1] чистого пара на турбулентной струе воды и с примесями ПАВ в ПГС показывают, что с повышением концентрации ПАВ снижается поверхностное натяжение смеси. В то же время понижается парциальное давление пара на межфазной поверхности и температура насыщения водяного пара $t_{пов}$. [2] Эти два обстоятельства приводят к изменению интенсивности конденсации (Рис.1).

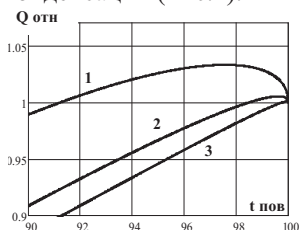


Рисунок 1. Зависимость относительного теплового потока от температуры поверхности струи

при скорости истечения жидкости из сопла 6 м/с количество сконденсировавшегося водяного пара из ПГС выше, чем при конденсации чистого пара на струе воды на 10-20%.

Работа поддержана грантом РФФИ 18-08-01343А

Литература

1. Солодов А.П., Ежов Е.В. Модель струйной конденсации. Теплоэнергетика. 1984. № 3, 32-35.
2. Е.В. Ежов, В.С. Охотин, П.В. Тарасов, В.Н. Кузнецов. Методика расчета поверхностного натяжения на границе раздела фаз: вода-смесь водяного пара и фторуглеродного газа. // Вестник МЭИ. – 2017.– № 5.

О.К. Кохова, М.Р. Боцев, студенты; рук. Е.В. Ежов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫХ СВЯЗЕЙ В МОДЕЛИ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ОКТАФТОРПРОПАНА

Методика расчета контактных теплообменников при наличии поверхностно-активных веществ в парогазовой смеси (ПГС) основана на расчетной методике поверхностного натяжения $\sigma_{\text{см}}$ [1] на границе раздела жидкость-пар октафторпропана C_3F_8 . В расчетном соотношении для $\sigma_{\text{см}}$ используется внутренняя энергия [1] газа (в расчете на одну молекулу) и коэффициент несимметричности потенциального поля молекулы n . При моделировании n использовалось число степеней свободы C_3F_8 равное 46 и энергия каждой степени свободы равной $kT/2$ [2]. Здесь k -постоянная Больцмана. В настоящей работе вычисляется потенциальная энергия связей молекул в газовой фазе, основываясь на расчете числа нескомпенсированных связей всех молекул газа. В расчетной модели каждая молекула занимает объем кубика $V_1 = \mu_{\text{C}_3\text{F}_8} / N_A \rho_{\text{ж}}$. Здесь N_A -число Авогадро, $\mu_{\text{C}_3\text{F}_8}$, $\rho_{\text{ж}}$ –молекулярная масса молекулы и плотность жидкой фазы октафторпропана.

Заданный объем V заполняется m кубиками каждый объемом V_1 . Большой объем набран из ячеек объемов V_1 . Считаем, что кубик V_1 строго размещается в границах ячейки. Рассматривая мгновенную картину расположения молекул, получим: какая-то ячейка будет заполнена кубиком, а соседние ячейки будут пустыми; какая-то ячейка будет заполнена кубиком, а в соседних ячейках будет либо 1 шарик, либо 2, 3,4,5,6 шариков. Число граней ячейки-6 значит и соседей может быть не больше 6. Определяется количество наборов: кубик - соседей нет, кубик - один сосед, кубик - два соседа и т.д.

Полученное количество таких групп позволило произвести расчет числа нескомпенсированных связей и достигнуть поставленной цели- определить потенциальную энергию связей газовой фазы.

Работа поддержана грантом РФФИ 18-08-01343А.

Литература

1. **Ежов Е.В.** Расчетная модель поверхностного натяжения веществ фторуглеродного состава. // Вестник МЭИ. – 2014.– № 4.
2. **Матвеев А.Н.** Молекулярная физика. М., Высшая школа, 1981, 400с

Т. О. Баранова, студент; рук. С. В. Захаров, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМ ДЫМОУДАЛЕНИЯ НАСТЕННЫХ ГАЗОВЫХ КОТЛОВ BUDERUS В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

При работе настенного газового котла потребление воздуха и выброс продуктов сгорания осуществляется с улицы. В процессе задействованы дымосос и коаксиальный дымоход, который представляет собой простую конструкцию (рис.1). Он состоит из двух труб различного диаметра, вставленных одна в другую. Коаксиальная труба предназначена для одновременного отведения продуктов сгорания и забора воздуха с улицы.

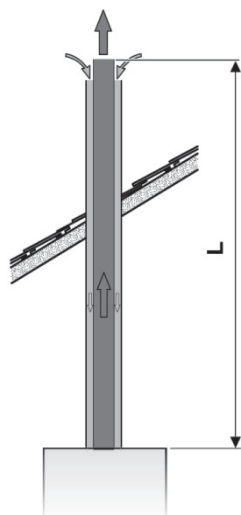


Рис. 1. Система отвода дымовых газов с коаксиальной трубой.

от температуры наружного воздуха в диапазоне $[-35;0]$ °С, меры по борьбе с обледенением дымохода.

Такой способ удаления и забора воздуха имеет существенный недостаток – в зимнее время происходит обледенение оголовка коаксиального дымохода. Оголовок представляет собой изделие, закрепляемое на вершине выхода дымовой трубы, которое украшает ее и защищает от негативных внешних воздействий. Например, от внешних осадков, мусора, птиц или насекомых.

Данная проблема недостаточно изучена в настоящее время. Поэтому в работе проводится анализ работы системы дымоудаления настенного газового котла Buderus мощностью 12 кВт в зимних условиях.

В результате исследования было определено: параметры теплоносителей, состав газа в газопроводе, температура точки росы, которая составила 52 °С, зависимость количества выпадаемой влаги

Литература

1. **Сканави А. Н., Махов Л. М.** «Отопление» - М.: Издательство АСВ, 2006.
2. **Иванова А. В.** «Математическое моделирование систем дымоудаления газовых котлов малой мощности в условиях низких температур» // ВЕСТНИК СВФУ, 2013, том 10, № 4.

В.А. Гурьева, студ.; рук. А.Б. Гаряев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МЕТОДИКА РАСЧЕТА И АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОПРЕСНИТЕЛЯ С ТЕПЛОВЫМ НАСОСОМ

В работе приведена методика расчета и анализ технических характеристик испарительного опреснителя с использованием теплового насоса, который разработан с целью совершенствования процесса опреснения и снижения расхода энергии для получения пресной воды. Из патентов выбран теплонасосный опреснитель соленой воды [1], но с добавлением рециркуляции для снижения тепловой нагрузки в конденсаторе (рис.1). Тепловой насос работает на озонобезопасном фреоне R134a. Проведен термодинамический расчет теплового насоса и построен цикл его работы в T-s диаграмме; рассчитаны конденсатор и испаритель, их габариты. Кроме того, рассчитан смесительный теплообменник, т.е. скруббер, найдены его геометрические параметры и тепловая производительность.

Показано, что использование этой установки позволит опреснять воду с температурным уровнем до 60°C, в отличие от установок, использующих пар.

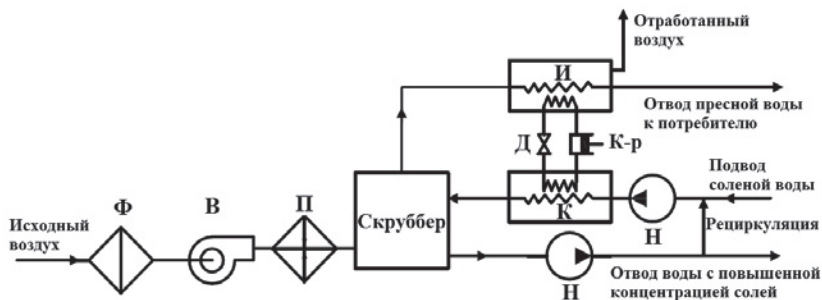


Рис. 1. Принципиальная схема установки с учетом рециркуляции.

Ф – фильтр; В – вентилятор; П – подогреватель воздуха; Н – насос; И – испаритель теплового насоса; К – конденсатор теплового насоса; Д – дроссельный вентиль; К-р – компрессор

Литература

1. **Теплонасосный** опреснитель соленой воды: патент РФ №2363662: МПК С02F1/00; Калнинь И.М., Савицкий А.И., Шапошников В.А., Пустовалов С.Б. – № 2007126767/15; заявл. 13.07.2007; опубл. 10.08.2009, Бюл. №22

К.М. Каравай, студ.; рук. О.Е. Прун, ст.преп. (НИУ «МЭИ»)
**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛО-
 ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДЯНОГО
 НАГРЕВАТЕЛЯ В РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ**

Работа посвящена экспериментальному исследованию тепло-гидравлических характеристик штатного водяного воздухоподогревателя ВНВ 243.1-065-043-4-4,0-08, входящего в состав центрального кондиционера КЦКП 3,15 фирмы «Вега». Были проведены серии измерений расходов, температур и скоростей теплоносителей, а также падение давления по теплоносителем. С помощью полученных результатов рассчитывалась тепловая мощность теплообменного аппарата, а также электрическая мощность, требуемая на прокачку теплоносителей. Определялась величина тепло-гидравлической функции Z , которая была предложена в качестве критерия оценки оптимальности режима работы теплообменных аппаратов в [1,2]:

$$Z = Q - b \cdot N, \quad (1)$$

где Q – тепловая мощность теплообменного аппарата, Вт; N – сумма затрат электроэнергии на прокачку горячего и холодного теплоносителя, Вт; b – коэффициент, характеризующий соотношение ценности тепловой и электрической энергии.

Расхождение эксперимента с результатами теоретического расчёта лежит в пределах 15%. Значение функции Z для экспериментального режима при максимальных расходах воздуха и воды составило 4,1 кВт. Максимально возможное значение функции Z , полученное с помощью теоретического расчета, для рассматриваемого теплообменника составляет 9 кВт. Это означает, что при небольших гидравлических сопротивлениях исследуемый теплообменник передаёт относительно небольшое количество теплоты, полностью обеспечивая необходимый подогрев потока воздуха. Однако для передачи такого количества тепла можно было бы использовать теплообменный аппарат с меньшей площадью поверхности нагрева и худшими с точки зрения гидравлического сопротивления показателями. Другими словами, штатный теплообменный аппарат обладает повышенной ресурсоёмкостью.

Литература

1. **Гаряев А.Б., Прун О.Е., Клименко А.В.** Определение оптимального соотношения характеристик микроканальных теплообменных аппаратов. // Теплофизика и аэромеханика. №6. Т.22. 2015
2. **Прун О.Е., Горяев А.Б., Сынков И.В.** Использование водоохлаждаемых газоходов в качестве теплоутилизаторов газоперекачивающих агрегатов // Вестник МЭИ. №3. 2018.

А.Р. Аляутдинов, асп.; Н.С. Нечепуренко, студ.; рук. Г.П. Власенко, к.т.н., доц. (НИУ “МЭИ”)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ БЕЛКОВЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

Сушка сублимацией является прогрессивной технологией, в ряде случаев не имеющей альтернативы. Это одно из наиболее приоритетных направлений в разных отраслях промышленности. Сублимационная сушка основана на способности льда при определенных условиях, испаряться, минуя жидкую фазу. Её используют при производстве капрона, лавсана и полиэтилена. Технология сублимационного обезвоживания позволяет сохранить ценные компоненты и полезные свойства термочувствительных продуктов [1].

В процессе работы используется измерительный прибор - весовой анализатор влажности МВ-23, принцип действия которого основан на термогравиметрическом анализе. Проведено измерение массовой доли влаги, удаленной из продуктов во время проведения процесса сублимации при атмосферном давлении, а также при тепловой досушке в терморadiационной сушильной камере «Дачник 2М».

В результате проведенных экспериментов установлено, что без досушки в инфракрасной сушильной установке максимальные затраты энергии на один сушильный цикл составляют $24,96 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ ($257,7 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ считая по испарённой влаге), время на удаление влаги составляет 48 часов, финансовые затраты на электроэнергию всего процесса составляют 122 руб. 30 коп. Процесс сушки в атмосферной сублимационной установке до 20,1% влажности с последующей досушкой в инфракрасной сушильной установке до 14% является оптимальным по затраченным энергоресурсам. При этом затраты энергии на один сушильный цикл составляют $12,28 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ ($114,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ считая по испарённой влаге), время на удаление влаги составляет 16 часов 15 минут, финансовые затраты на электроэнергию всего процесса составляют 60 руб. 17 коп.

На основании проведенного экспериментального исследования подтверждено, что сублимационная установка для сушки белковых продуктов при атмосферном давлении должна комплектоваться терморadiационной сушильной камерой для кратковременной досушки, что позволяет сократить затраты на сублимацию.

Литература

1. Антипов А.В., Дугаров Ц.Б., Власенко Г.П., Данзанов В.Д. Определение температуры замораживания пищевых продуктов перед сублимационной сушкой при атмосферном давлении // Научный журнал «Известия КГТУ», №48, 2018.

Е.С. Рекуненко, асп.; рук. А.Б. Гаряев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ВЛИЯНИЕ НЕСУЩЕЙ ТРУБКИ НА ОПТИМАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРЕБРЕННОГО РАДИАТОРА

Для оптимизации оребренных радиаторов могут применяться различные целевые функции. Одной из них является отношение передаваемого радиатором теплового потока к массе Q/m [1]. Для ребер диаметра D , расположенных на очень тонкой трубке максимум такой функции наблюдается при высоте ребра, стремящейся к нулю, и использовать ее не имеет смысла. Нами установлено, что при несущей трубке конечного диаметра d , максимизация указанной целевой функции (без учета передачи теплоты излучением) сводится к максимизации функции вида:

$$F = \frac{\alpha \cdot \Delta T}{\rho \cdot \delta} \cdot \frac{\left(d \cdot (S + \delta) + 0,5 \left(D^2 - d^2 \right) \cdot \frac{th \left(\sqrt{2\alpha/\lambda \cdot \delta} \cdot (D-d)(D/d)^{1/3} \right)}{\sqrt{2\alpha/\lambda \cdot \delta} \cdot (D-d)(D/d)^{1/3}} \right)}{A \cdot d \cdot (S + \delta) + 0,25 \left(D^2 - d^2 \right)}$$

где δ , λ – толщина и теплопроводность ребра, S – расстояние между ребрами, ΔT – разница температур между окружающим воздухом и пластинами.

Показано, что данная функция имеет безусловный максимум, наличие которого можно объяснить тем, что развитие поверхности за счет ребер сначала приводит к увеличению передаваемого теплового потока, а затем эффективность ребер падает, и рост теплового потока происходит медленнее, чем увеличение массы. В общем случае, в качестве целевой функции целесообразно использовать отношение Q/m [2] при условии, что тепловой поток с единицы длины радиатора должен быть не меньше значения, задаваемого потребителем. Иначе при небольшой общей массе радиатора, его габариты могут получиться неприемлемыми.

Литература

1. **Piotr Wais** (2012). *Fin-Tube Heat Exchanger Optimization // Heat Exchangers - Basics Design Applications*. 2012. p. 343-366. ISBN: 978-953-51-0278-6.
2. **Е.С. Рекуненко, С.А.Емельянов, А.Б. Гаряев**. Метод оптимизации параметров радиаторов с квадратными и круглыми ребрами. Энергосбережение — теория и практика: Труды Девятой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов (Москва, 5—12 октября 2018 г.) — М.: Издательский дом МЭИ, 2018. Стр. 126-130.

А.А. Мхоян, студ.; рук. В.С. Глазов, к.т.н., доц. (НИУ "МЭИ")
**КАЛЬКУЛЯТОР ДЛЯ РАСЧЕТА
 ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАЗОВ**

Современные пакеты, такие как Ansys Fluent, Comsol, Phoenics, Hysys и подобные им, для моделирования процессов теплообмена используют различные табулированные и интерполированные зависимости теплофизических свойств газов, жидкостей и твердых тел. Сопоставительный анализ этих зависимостей показал значительное расхождение искомых величин в области высоких температур (см. рис. 1). Отсутствие возможности одновременно сравнивать результаты расчета, полученные по разным моделям и инструментам их реализующим, приводит к необходимости использовать математические пакеты, в которых предусмотрена такая опция. Для решения задач теплоэнергетики часто используется программа Mathcad, в которой встроены справочные таблицы теплофизических свойств различных веществ. Однако в ней отсутствуют данные о зависимости свойств веществ от температуры и давления. Поэтому целью работы является разработка программы в среде Mathcad для определения термодинамических свойств газов по формулам, представленным в справочнике С.Л. Ривкина [1].

Поскольку в данном источнике были обнаружены опечатки в формулах для расчета термодинамических свойств газов, была выполнена интерполяция табулированных данных при сохранении вида функций, используемых в указанной публикации.

Практическая значимость разработанного калькулятора проявляется в возможности создания моделей с учетом зависимости термодинамических и калорических свойств идеальных газов от температуры и давления, в проведении сопоставительного анализа в среде Mathcad, а также в определении области допустимых значений независимых переменных, обеспечивающих решение с инженерной точностью.

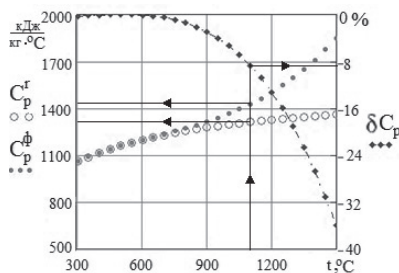


Рис. 1. Погрешность определения удельной теплоемкости диоксида углерода: C_p^r — теплоемкость газа, определенная по формуле из [1]; $C_p^φ$ — теплоемкость газа, рассчитанная в программе PHOENICS; δC_p — погрешность;

Литература

1. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства газов. Справочник. — 4-е изд. перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1987.

Т.С.Зуева, асп.; рук. А.Б.Гаряев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СТРУИ ЖИДКОГО ТОПЛИВА В НАБЕГАЮЩЕМ ВОЗДУШНОМ ПОТОКЕ

Одним из способов снижения вредных выбросов дизельных двигателей при сохранении их высокой эффективности является впрыск топлива напрямую в камеру сгорания. Развитие данной технологии требует теоретического описания распространения струи топлива под воздействием поперечного набегающего потока. В [1] авторами была разработана полуэмпирическая математическая модель, описывающая распространение струи топлива при наличии набегающего потока. Результаты экспериментов совпадают с расчётами по модели при низких скоростях набегающего потока (5-25 м/с), однако при больших скоростях (30-50 м/с) отклонения модели от эксперимента велики.

В данной работе предложена усовершенствованная модель, в которой распространение жидкости в струе рассматривается с помощью описания движения двух выделенных объёмов (Рис.1). Каждый из объёмов имеет собственную среднюю скорость и траекторию движения. Закон сохранения импульса применяется для описания движения каждого отдельного объёма. Импульс жидкости в первом объёме больше, чем во втором. Это приводит к тому, что объём 2 больше смещается в горизонтальном направлении под действием сносящего потока. В результате факел рассеивания струи расширяется, что позволит с большей точностью описать экспериментальные данные, приведённые в [1]. Кроме того, данная модель иллюстрирует физическое описание процесса рассеивания струи жидкого топлива.

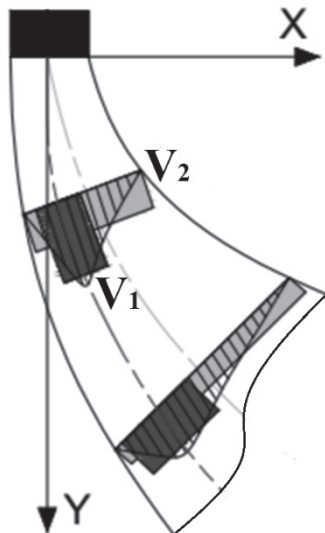


Рис.1. Усовершенствованная модель распространения струи

Литература

1. Зуева Т.С., Welss R., Wensing M, Горяев А.Б. Модель распространения струи жидкого топлива при впрыске в цилиндр двигателя внутреннего сгорания // Энергосбережение – теория и практика: Труды девятой международной школы-семинара молодых учёных и специалистов (Москва, 5 – 12 октября 2018 г.) – М.: Издательский дом МЭИ, 2018. С. 53-59.

А.И. Хафизова, студ.; рук. А.В. Дмитриев, д.т.н., доц. (КГЭУ, Казань)

ТЕПЛОМАССОБМЕН В СТРУЙНО-ПЛЕНОЧНЫХ КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВАХ

Оборотное водоснабжение — наиболее прогрессивный способ обеспечения водой промышленных предприятий всех отраслей. Охлаждение оборотной воды на предприятиях все чаще происходит в градирнях. Одним из основных элементов градирни является ороситель, который отвечает за его охлаждающую способность. Существующие конструкции оросителей отличаются своей эффективностью, оригинальностью, однако и у них наблюдается ряд недостатков: малая площадь контакта газовой и жидкой фазы, плохая смачиваемость, высокая металлоемкость конструкций. Чтобы решить данные проблемы предлагается внедрять высокоэффективные контактные устройства, которые увеличили бы удельные массы и потоки тепла, а также обеспечили снижение гидравлического сопротивления.

В данной работе представлены разработанные струйно-плёночные контактные устройства [1], которые позволяют значительно увеличить эффективность тепломассообменных процессов, проходящих в рабочей области. В связи с особенностью конструкции, удается снизить затраты на установку каплеуловителей, так как верхние ступени контактного устройства препятствуют уносу жидкости из градирни. Для улучшения работы существующего устройства, в нижней части стенок стаканов были выполнены отверстия. По 8 отверстий диаметром 5 мм в каждом стакане.

Для того чтобы определить какие результаты приносят вносимые изменения, конструкция была смоделирована в программном пакет, и впоследствии были проведены численные расчеты. При расчете использовался метод объема жидкости (VOF), позволяющий учитывать взаимодействие двух несмешивающихся фаз.

При численных исследованиях изменялся расход жидкости в тарелках. В ходе исследований была обнаружена следующая зависимость: с ростом уровня жидкости, увеличивается предельное значение среднерасходной скорости воздуха. Проводя численные эксперименты было выявлено что устройство работает достаточно эффективно при скорости 3,2 м/с.

Вывод: Рассмотренное контактное устройство позволяет охлаждать жидкость достаточно эффективно. Так же были получены зависимости скоростей.

Список литературы:

1. **Madyshev I. N., Dmitrieva O. S., Dmitriev A. V., Kruglov L. V.** Impact of the liquid level in the jet-film contact devices on the heat-and-mass transfer process // MATEC Web of Conferences, 2017. – С. 129.

*В.Э. Зинуров, Ю.О. Семенова, студенты;
рук-ли А.В. Дмитриев, д.т.н., доц. (КГЭУ, Казань)
О.С. Дмитриева, к.т.н., доц. (КНИТУ, Казань)*

ОЧИСТКА ГАЗОВОГО ПОТОКА ОТ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ

Проблема очистки загрязненных газовых потоков является чрезвычайно актуальной для химической, нефтехимической и энергетической отраслей. По данным ООН, ежегодно в атмосферу выбрасывается 2,5 млн. тонн пыли. По прогнозам министерства природных ресурсов РФ с 2030г. первенство в топливно-энергетическом балансе в России займут уголь и атомная энергетика, что потребует конструктивного и технологического совершенствования пылеочистного оборудования [1].

На настоящей момент времени наиболее распространенными пылеочистными устройствами являются инерционные пылеуловители, среди которых большую популярность имеют циклоны. Однако к недостаткам циклонов относят низкую эффективность очистки газов от мелкодисперсных частиц менее 10 мкм. Поэтому модернизация циклонов или разработка новых технологических решений для интенсификации очистки загрязненных газовых потоков будут всегда актуальными.

Авторами данной работы был разработан прямоугольный сепаратор для дополнительной очистки газовых потоков после основного процесса пылеочистки в циклоне [2]. Стоит отметить, что прямоугольный сепаратор также способен очищать газовые потоки от частиц более 10 мкм. Эффективность очистки прямоугольным сепаратором газового потока от частиц размером в диапазоне 10 – 100 мкм варьируется в пределах 99 – 99,9 % с умеренным гидравлическим сопротивлением до 700 Па при скоростях газового потока 1 – 5 м/с. Для частиц размером менее 10 мкм эффективность в среднем равна 61, 7 %.

В докладе представлены численные и экспериментальные исследования, позволяющие определить зависимости между конструктивными параметрами разработанного аппарата.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-4522.2018.8.

Литература

1. Алиев Г.М – А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. Справочное издание. М.: Металлургия, 1986. 544 с.
2. Дмитриев А.В, Зинуров В.Э, Дмитриева О.С, Нгуен Ву Линь. Улавливание частиц из дымовых газов прямоугольными сепараторами //Вестник Казанского технологического университета, 2017, Т. 20, №. 15.

Секция 35
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Руководитель секции: Яковлев Игорь Васильевич

Секретарь секции: Горелов Михаил Валентинович

В.В. Понуровская асп.; рук. Е.В. Ежов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АДСОРБЦИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ЦИКЛЕ УТИЛИЗАЦИИ И РЕГЕНЕРАЦИИ РАБОЧИХ ТЕЛ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК.

В энергетических циклах начинают широко применяться фторсодержащие рабочие тела (элегаз, перфторуглероды, гидрофторуглероды и др.). Т.к. ресурсы фтора на Земле ограничены, а задача газотехнологического обслуживания газонаполненных высоковольтных аппаратов значительно усложнилась после появления в 2014 году Регламента ЕС № 517/2014 [1] о фторсодержащих парниковых газах, особенно актуальным становится решение задачи сбора, очистки и возврата в цикл фторсодержащих рабочих тел. На сегодняшний день данная проблема частично решена за рубежом на достаточно низком уровне.

В диссертационном исследовании предлагается использовать наиболее эффективный способ регенерации фторуглеродов [2;3], основанный на сорбции этих тел на модифицированном углеродном сорбенте. Свойства сорбента для фторуглеродных рабочих тел практически не изучены.

Для успешного использования этого сорбента в рамках диссертационного исследования предполагается решить следующие задачи:

- исследовать совместные режимы работы входных адсорберов-поглотителей активных фторидов и сорбционных насосов;
- исследовать возможность использования сорбционных насосов на углях для решения задачи по удалению из элегаза низкокипящих примесей;
- исследовать совместные режимы работы сорбционных насосов в режиме десорбции с работой адсорберов-осушителей на цеолитах для подтверждения возможности глубокой осушки элегаза при возврате его в аппараты после десорбции.

Предлагаемая работа является новаторской (инновационной) разработкой.

Работа поддержана грантом РФФИ №19-08-00308

Литература

1. **Регламент (ЕС) №517/2014** Европейского парламента и совета Европейского союза 16 апреля 2014г. о фторсодержащих парниковых газах и аннулировании Регламента ЕС №842/2006.
2. **Н.А. Макаревич**, Н.И. Богданович, Теоретические основы адсорбции: учебное пособие, Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. - Архангельск: САФУ, 2015. - 362 с.
3. **Н.В. Кельцев**, Основы адсорбционной техники, Монография/ 2-е изд., перераб. и доп.—М.: Химия, 1984. — 592 с.

А. Кайраткызы, студ.; рук. М.В. Горелов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**УТИЛИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ
 МЕТОДОМ ПИРОЛИЗА**

В настоящее время одной из актуальных проблем на территории бывшего СССР является проблема утилизации и депонирования ТКО. Мусорные полигоны, которые были сконструированы в XX веке, переполнены и депонирование отходов на них более невозможно.

С целью уменьшения объема и утилизации ТКО существуют установки, принцип работы которых основан на высокотемпературном пиролизе.

Процесс пиролиза имеет обобщенную структуру:

$$ТКО + Q_{доп} = ТО + ЖП + Г + Q_{втор}$$

где ТКО – твердые коммунальные отходы; $Q_{доп}$ – дополнительное тепло, Вт; ТО – твердый остаток; ЖП – жидкие продукты; Г – газообразные вещества; $Q_{втор}$ – вторичное тепло, Вт [1].

В настоящей работе к рассмотрению предложена установка состоящая из пяти блоков. Первый блок – подготовительный, где происходит измельчение исходного сырья, а также идет процесс сушки. Во втором блоке в реакционной камере происходит процесс пиролиза, где поддерживается температура от 600 до 1050 °С. При такой температуре происходит мгновенное разрушение углеводородных связей внутри молекулы. Твердая биомасса переходит в газообразное состояние. Эта смесь по газоходам попадает в третий блок – катализатор, на поверхности которого происходят химические реакции (выделение метана, бутана, пропана, этана, этилена и водорода). При термическом разложении биомассы образуется углерод в виде порошка, который под действием силы тяжести попадает в четвертый блок – пирамедальную часть. В пятом блоке полученный газ интенсивно охлаждается и очищается от угольной пыли и смолы, а затем с помощью винтового компрессора закачивается в емкости для хранения – газгольдеры.

В работе определена эффективность работы данной установки при двух вариантах ее работы: загрузка несортированных и сортированных (удаление органической части) ТКО. Предварительная сортировка ТКО позволяет снизить затраты теплоты на сушку исходного сырья в первом блоке.

Расчетное значение термического КПД установки при ее работе на несортированных ТКО составило 65,2 %, а на сортированных ТКО – 76%.

Литература

1. **П.П. Пальгунов, М.В. Сумароков.** Утилизация промышленных отходов. М.: Стройиздат, 1990.

*Б.Е. Оразкенов, студ.; М.Ж. Жанарбекова, студ.;
рук. М.В. Ермоленко, к.т.н.
(ГУ имени Шакарима города Семей)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Тепловая энергия по-прежнему остается очень дорогим энергетическим ресурсом. Причин здесь несколько, среди которых и потери тепла при транспортировке, и несовершенство систем теплоснабжения, и стоимость топлива. Рассмотрению рационального использования тепловой энергии посвящены работы многих авторов. Учитывая климатические условия Казахстана, проведение работ по повышению эффективности отопительных приборов является актуальным направлением исследований [1, 2, 3].

Исследования эффективности работы приборов отопления в зависимости от способов регулирования производительности проводились на экспериментальном стенде «Автономная система теплоснабжения». Были проведены замеры температур в узловых точках системы для различных режимов работы и определена тепловая мощность приборов отопления. По полученным значениям были рассчитаны коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи, на основании которых были построены номограммы.

Результаты данной работы могут быть использованы для поддержания оптимальной рабочей температуры в отопительной системе с учетом изменений температуры окружающего воздуха и способов регулирования производительности системы отопления.

Литература

1. Гортышов П.Ю. Прогнозирование, разработка и исследование характеристик отопительных приборов с улучшенными технико-экономическими показателями: диссертация. Гуреев В. М., канд. техн. наук: 01.04.14. - Казань, 2010. - 144 с.
2. Зиновьева А.В., Кряжев Д.А., Морозова Т.А. Гигиенические и экономические аспекты лучистого отопления многоквартирных домов при помощи тёплых стен // Молодежь и системная модернизация страны. Сборник научных статей 2-й Международной научной Конференции студентов и молодых ученых. В 4-х томах. - Оренбург: 2017. - С. 91-94.
3. Стрижак П.А., Морозов М.Н. Энергоэффективность системы теплоснабжения зданий при различных методах регулирования теплопотребления // Научно-технические ведомости санкт-петербургского государственного политехнического университета №3. - СПб.: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2014. - С. 88-96.

Е.А. Лежнева, студ.; рук. О.Е. Прун, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ АККУМУЛЯЦИИ В ЗДАНИЯХ ИЗ СИП-ПАНЕЛЕЙ

Целью работы является сравнение теплоаккумулирующей способности ограждающих конструкций жилых зданий. Критерием сравнения было колебание температуры внутри помещений с ограждениями из различных материалов при изменении температуры наружного воздуха.

Была разработана математическая модель в виде системы дифференциальных уравнений, описывающих изменение температуры воздуха внутри помещения и температуры поверхности наружной стены. В качестве материалов стен были рассмотрены СИП-панели, керамический кирпич, газобетонные блоки, а также брус сосны и ели. Толщины ограждающих конструкций выбирались из условия равенства термических сопротивлений теплопередаче нормируемому значению [1].

Результаты численного эксперимента (см. рис. 1) показали, что при колебаниях температуры окружающей среды с амплитудой 5 °С, в помещении со стенами из СИП-панелей колебание температуры внутреннего воздуха составляет 3.5 °С, что не удовлетворяет комфортным условиям [2]. Остальные материалы хорошо сохраняют тепло: колебание температуры внутри помещения не превышает 1 °С.

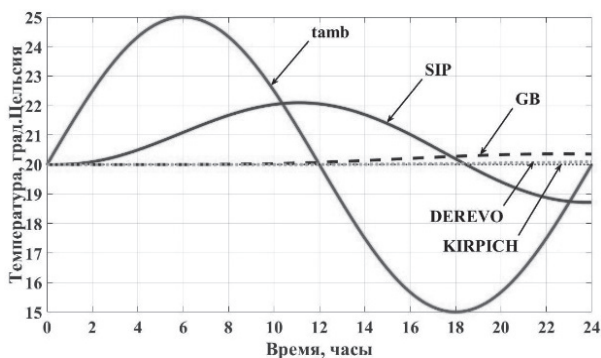


Рис.1. Изменение температуры воздуха в помещении: tamb – температура наружного воздуха; SIP – стена из СИП-панели; KIRPICH – стена из керамического кирпича; GB – стена из газобетонного блока; DEREVO – стена из деревянного бруса.

Литература

- СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. – Введ. 2012.01.01. – М.: Минрегион России. 2012. – 96 с.
- ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Введ. 2013.01.01. – М.: Стандартинформ. 2013. – 12 с.

*Т. С. Березина асп.; Ю. Ю. Курбатова студ.; рук. Г.П. Власенко, к.т.н.,
доц. (НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СИЛОСАХ

Совершенствование режимов хранения зерна необходимо для повышения показателей энергетической эффективности металлических силосов. Исследовано влияние параметров наружного воздуха на процесс влаговыведения на внутренней поверхности стенки и крыши силоса, представлены математические модели для определения температур стенки и наружного воздуха, при которых на внутренней поверхности силоса происходит влаговыведение. Результаты расчетов для поверхности крыши металлического силоса показывают, что температуры окружающей среды, при которых происходит влаговыведение, выше, чем при расчёте модели для стенки силоса. Расчёт на основании разработанных математических моделей выполнен для условий наличия и отсутствия теплоизоляционного слоя. Для определения эффективности использования изоляции проведены расчеты для разных климатических зон страны. Определена минимальная толщина изоляции для каждой климатической зоны (табл.1).

Выявлены определяющие факторы в процессе образования конденсата: скорость воздуха, подаваемого на вентилирование, температура и относительная влажность внутреннего воздуха в силосе, скорость наружного воздуха. Обоснована необходимость учета лучистой составляющей при определении температуры начала конденсации [1].

Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования конструкции металлического силоса и для выбора режима активного вентилирования при хранении зерна с сохранением его качеств при сохранении его биохимических характеристик.

Таблица 1. Значения фактических и расчетных температур

Край, область	Среднесуточная температура, °С		Температура влаговыведения на крыше силоса, °С	
	Авг.	Сен.	Изол.δ=10мм	Изол.δ=20мм
Краснодарский край	18,10	13,20	13,03	8,87
Алтайский край	10,70	5,30	13,02	8,86
Воронежская область	14,60	8,90	13,01	8,85

Литература

1. Блох А.Г., Журавлев Ю.А., Рыжков Л.Н. Теплообмен излучением. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1991 -432 с.

*Я.И. Слявин; М.Е. Шаповалова; А.Е. Шаповалов, студ.;
рук. Г.П. Власенко к.т.н., доцент (НИУ «МЭИ»)*

ВЫБОР ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Большое количество кирпичных, панельных и блочных зданий, построенных в России до 1981 года, имеют износ более 31% и требуют реконструкции и повышения энергетической эффективности. При выборе мероприятий необходимо учитывать многочисленные технические и технологические характеристики, период окупаемости, потенциал энергосбережения, особенности эксплуатации, затраты и т.д. Поэтому для оценки целесообразности их реализации следует проводить энергетический аудит каждого здания, что увеличивает стоимость и продолжительность работы. Существующие методологии основываются на последовательном поэтапном сопоставлении мероприятий, что довольно трудно применить на практике и требует значительных временных затрат для оценки каждой из ожидаемых мер по увеличению энергоэффективности.

В результате анализа существующих методов выбора и расчета эффективности энергосберегающих мер [1], был использован многокритериальный алгоритм, который значительно упрощает разработку энергетических планов и программ в жилищном секторе и социальной сфере. Можно согласовать последовательность реализации отдельных проектов, так как некоторые из рекомендуемых мер могут быть взаимосвязаны или наоборот, реализация некоторых энергосберегающих мероприятий негативно сказывается на использовании других.

В результате применения алгоритма для разных типов зданий, расположенных в регионах с различными климатическими параметрами, был оценен потенциал энергосбережения и сформирован перечень необходимых мер по экономии энергии с учетом эффекта от их применения. После расчета стоимости реализации энергосберегающих решений и оценки возможной экономии ресурсов был определен срок окупаемости и сделаны выводы о применимости этих решений. Например, для жилого здания 1896 года постройки, расположенного в г. Москва, предложены мероприятия со средним сроком окупаемости менее 3 лет, а экономия энергетических ресурсов составит более 50%.

Литература

1. **Подскребкин А.Д.** Выбор оптимальных мер по энергосбережению в социальной сфере // Электронный ресурс: <https://fundamental-research.ru/>

А.М. Исхакова, асп.; рук. И.В. Яковлев, к.т.н., с.н.с. (НИУ «МЭИ»)
**СРАВНЕНИЕ СХЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТНУ
 «ВОЗДУХ-ВОДА», РАБОТАЮЩИХ В АВТОНОМНОМ И
 БИВАЛЕНТНОМ РЕЖИМАХ**

Данная работа посвящена исследованию двух режимов работы теплонасосной установки (ТНУ) типа «воздух-вода»: автономный (установка ТНУ с электрическим котлом), бивалентный (установка ТНУ с тепловой сетью). Целью расчетов являлось определение оптимальной с точки зрения минимума энергетических и финансовых затрат доли номинальной мощности ТНУ от расчетной отопительной нагрузки.

Для выполнения расчетов были разработаны методики [1] определения относительных затрат условного топлива и относительных финансовых затрат по оплате энергоресурсов. Результаты расчетов представлены в относительных величинах, что позволяет оценить тип зависимостей для других регионов со схожими значениями расчетной отопительной нагрузки и номинальной мощности ТНУ.

Исходными данными для расчетов являлись фактические климатические данные о температуре наружного воздуха для городов: Владивосток, Волгоград, Геленджик, Керчь, Киров, Красноярск, Москва, Симферополь, Таганрог, Ярославль в течение отопительных периодов 2015-16 гг., 2016-17 гг. и 2017-18 гг.

Результаты расчета относительных затрат условного топлива (\overline{F}_y) в зависимости от

параметра a – доли номинальной мощности ТНУ от расчетной отопительной нагрузки – для бивалентного режима для группы городов с диапазоном расчетной температуры наружного воздуха $-18; -30$ °С представлен на рис. 1. Видно, что зависимости возрастают до значения $a=1$, далее при увеличении a до 1,7 относительные затраты условного топлива практически не меняются для конкретного города.

Литература

1. **Яковлев И.В.** Оптимальный режим работы теплонасосных установок типа "воздух-вода" с дополнительным теплоснабжением от теплового источника или от электрического котла / И.В. Яковлев, А.М. Исхакова, Д.С. Костина // Энергосбережение – теория и практика: Труды Девятой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. – 2018. – С. 60-66

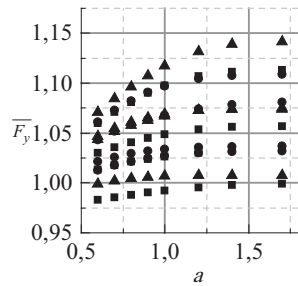


Рис. 1. Относительные затраты условного топлива в зависимости от a :
 ▲ — 2017-18 гг.; ● — 2016-17 гг.; ■ — 2015-16 гг.

В.И.Аношина, студент; рук. М.Ю.Юркина, доц. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ РАЙОНОВ РФ, БЛАГОПРИЯТНЫХ ДЛЯ ПОСТРОЙКИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ БАШЕННОГО ТИПА

На данный момент в России действует 10 солнечных электростанций общей мощностью около 100 МВт, или 0,04 процента от всей установленной мощности энергосистемы страны. В то время, как теоретический потенциал солнечной энергетики, по данным Института Энергетической стратегии, равен 2300 миллиардам тонн условного топлива. Поэтому возрастает убежденность, что энергетика будущего должна базироваться на использовании солнечной энергии.

Так как Россия имеет большую протяженность территорий, инсоляция в которых существенно отличается (уровень солнечной радиации варьируется от 810 до 1400 кВт*час/м²), возникают вопросы о наилучших условиях расположения СЭС. В исследовании мы поставили задачу конкретизировать данные о благоприятности районов РФ для постройки солнечных электростанций башенного типа.

Расчет был проведен для солнечной электростанции с зеркалами модели sinoy sl-0021 из Китая и гелиостатами ST44M3HEL25M. К установке были приняты две турбины: Т-50/60-130 и ПТ-60/75-130.

В работе рассчитаны основные показатели, а также затраты на производство, произведен расчет себестоимости тепловой и электрической энергии для солнечных станций, расположенных в городах с различной инсоляцией и количеством солнечных дней в году. За показатель оценки целесообразности установки СЭС было принято использовать стоимость отпущенной тепловой и электрической энергии, относительно затрат на постройку ТЭЦ. Для примера в таблице 1 представлены данные для города Москвы и города Сочи.

Табл. 1. Сравнение стоимости отпущенной энергии на ТЭЦ и СЭС, расположенных в различных городах РФ

Тип станции		Количество солнечных часов за год, ч.	Стоимость отпущенной тепловой энергии, руб./ГДж	Стоимость отпущенной электрической энергии, коп./кВт·ч
г. Москва	ТЭЦ	не зависит	416	217
	СЭС	1723	710	370
г. Сочи	ТЭЦ	не зависит	416	234
	СЭС	2177	551	268

Секция 36
ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Руководитель секции: Яворовский Юрий Викторович
Секретарь секции: Жигулина Екатерина Валериевна

*Д.С. Музюкова, студ.; рук. Л.В. Плотникова, к.т.н., доц.
(КГЭУ, Казань)*

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ГЕНЕРАЦИИ ВТОРИЧНОЙ ЭНЕРГИИ

При организации систем генерации вторичной энергии термодинамический анализ может быть использован для выбора эффективного варианта системы с учетом возможностей использования потенциала имеющейся сбросной энергии на конкретном объекте.

КПД по тепловому балансу определяется отношением:

$$\eta_Q = \frac{\sum Q^{**}}{\sum Q^*} = \frac{\sum Q^* - \sum D}{\sum Q^*} \quad (1)$$

где $\sum Q^{**}$ - отведенная теплота; $\sum Q^*$ - подведенная теплота; $\sum D$ - суммарные потери ($\sum Q_{сбр}$ - потери со сбросной энергией) [1]. Эксергетический КПД определяется по аналогичной формуле.

Для оценки эффективности промышленных систем с установками утилизации сбросной энергии используются помимо КПД такие критерии как коэффициент полезного использования теплоты (КПИ) и коэффициент системного использования (КСИ), как тепловые, так и эксергетические.

В состав потоков сбросной энергии на производстве $\sum Q_{сбр}$ может входить поток, энергию которого принципиально невозможно использовать на конкретном производстве, обозначим ее как $\sum Q'_{сбр}$. Даже в случае, когда на производстве все возможные к утилизации вторичные потоки энергии полезно использованы, значение теплового КСИ_Q не приближается к своему максимуму, т.е. к величине КПД, если остался хотя бы один неиспользуемый поток вторичной энергии. Поэтому рекомендуется не учитывать в $\sum Q_{сбр}$ составляющую $\sum Q'_{сбр}$ для потоков с невозможностью использования на данном производстве [2]. Такие же изменения предлагается внести и в формулу эксергетического КСИ.

Такой подход позволяет избавиться от «искусственного» занижения КПД системы генерации вторичной энергии и выбрать вариант системы с максимальным использованием потенциала вторичной энергии.

Список литературы

1. Соколов Е. Я. Энергетические основные трансформации тепла и процессов охлаждения / Е. Я. Соколов, В.М. Бродянский. – М.: Энергоиздат, 2012. – 320 с.
2. Храмова Е.В., Музюкова Д.С., Плотникова Л.В. Оценка эффективности промышленных технологических систем с включением установок утилизации сбросной энергии // Проблемы разработки перспективных технологических систем: сборник статей Международной научно-практической конференции (15 ноября 2017 г., г. Омск). - Уфа: Аэтерна, 2017. – С. 128-130.

Д.А. Кравцов, студ.; рук. А.Ф. Прищепов, доц. каф. ПТС (НИУ «МЭИ»)

ПРИМЕНЕНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ БАЗЫ ОТДЫХА В АЛТАЕ

Проблемы развития туристического бизнеса на Алтае вызваны высокими тарифами на услуги ЖКХ, вследствие отсутствия тепловых и подводящих электросетей.

Основной задачей данной работы является создание энергоэффективной схемы тепло- и электроснабжения туристической деревни в горах Алтая на примере поселка Йогач, который расположен рядом с водопадом «Эстюбе» и рекой Б.Эстюбе. Для решения проблемы предлагается использовать комплексную кольцевую тепло насосную систему, которая позволяет достигать максимальной эффективности и экономии. В предложенной нами системе установленный несколько ТН, которые используются для производства как тепла, так и холода в зависимости от потребностей различных частей деревни. Основа высокой эффективности тепловых насосов будет заключаться в том, что энергия, затраченная внутри здания на получения тепла (вплоть до разогрева печей на кухне) не сбрасывается, а используется внутри здания там, где в этом есть потребность [1]. Также в данной схеме будут рассмотрены возможности использования солнечных батарей, и ветрогенераторов для производства электроэнергии.

Система отопления данной деревни будет питаться бесплатной и неиссякаемой по запасам энергией Телецкого озера, расположенного рядом с туристической деревней. Система будет перекачивать тепло в отдельно стоящие домики, столовую и технические здания. Это поможет сократить расходы на обеспечение энергией туристической деревни.

Литература

1. **Кологривых А.С** Обзор мирового и российского рынков теплонаносных установок: Тр. 5-й Студ. Науч. форум. М, 2013. Т. 4.

Э.М. Хуснутдинова, асп.

рук. И. А. Конахина, д.т.н., проф. (К(П)ФУ, Казань)

ТЕПЛООБМЕН ПРИ ЛАМИНАРНЫХ ТЕЧЕНИЯХ ВЫСКОВЯЗКОЙ НЕФТИ В КАНАЛАХ С ТРЕХЗАХОДНЫМИ ШНЕКОВЫМИ ВСТАВКАМИ

Добыча высоковязких и парафинистых нефтей в Российской Федерации неуклонно растет и продолжает играть важную роль в топливно-энергетическом балансе. Следовательно, необходим поиск нетрадиционных технологических решений, а также значительные энергетические затраты на извлечение и транспортировку высоковязких нефтей потребителю[1]. В первую очередь столь значительные энергозатраты связаны с необходимостью преодоления сил вязкого трения, с этой целью широко применяется терморазогрев нефтей, способствующий снижению их эффективной вязкости. В то же время высоковязкие нефти проявляют свойства псевдопластичных жидкостей. Это открывает возможности за счет управления скоростью сдвига в потоке управлять эффективной вязкостью нефти и существенному снижению гидравлического сопротивления транспортирующих трубопроводов.

В данной работе рассмотрена математическая модель и результаты численных исследований теплообмена при ламинарных течениях высоковязких нефтей в каналах с трехзаходными шнековыми вставками, которые широко распространены на практике в качестве интенсификаторов конвективного теплообмена[2].

Использовалась винтовая система координат, которая позволила с учетом существующей винтовой симметрии канала существенно упростить получение гидродинамических полей. Расчеты производились для случая наиболее распространенных на практике соотношений геометрических размеров каналов. Представлены поля скоростей и температур для различных значений чисел Рейнольдса и чисел Пекле. Получены распределения среднерасходной температуры и местных чисел Нуссельта по длине канала для случая заданной температуры на стенках канала.

Литература

1. **Хуснутдинова Э.М.,** Конахина И.А., Хамидуллина Г.Р., Мамонова А.О. / Способы организации транспортировки нефти и нефтепродуктов в условиях подогрева и методы их совершенствования // МНТК «ИМТОМ–2017» Ч. 1. – Казань, 2017. – С. 364-368.
2. **Khusnutdinova E.M.,** Konakhina I.A., Khamidullina G.R., Vachagina Y.K. / Intensification of Oil and Oil Product Heaters by Means of Auger Inserts // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 412 (2018) 012048 doi:10.1088/1757-899X/412/1/012048

Е. В. Храмова, студент; рук. Л. В. Плотникова, к.т.н., доц. (КГЭУ, Казань)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТЕПЛОТЫ НА ТЭЦ

Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) предназначена для производства электрической и тепловой энергии. Побочным продуктом производственного цикла ТЭЦ является значительное количество сбросной тепловой энергии. Вторичное использование такой энергии позволит повысить энергоэффективность технологических процессов и снизить затраты топливно-энергетических ресурсов [1].

Одним из вариантов утилизации сбросной тепловой энергии на ТЭЦ является применение трансформаторов теплоты (ТТ). Внедрение ТТ в технологическую схему ТЭЦ позволит снизить расходы на топливно-энергетические ресурсы, снизить значительное количество сбросной энергии [2].

Схема включения ТТ в принципиальную схему ТЭЦ имеет резервы для дальнейшего совершенствования за счет замены электродвигателя компрессора экономичной приводной турбиной, рабочий пар в который подается из отбора основной турбины. После выработки необходимой механической работы в приводной турбине теплота конденсата передается рабочему телу трансформатора теплоты, которая далее после повышения ее потенциала в ТТ направляется обратно в схему ТЭЦ для подогрева дутьевого воздуха парового котла. Такое применение ТТ позволит выработать дополнительную электроэнергию на собственные нужды ТЭЦ и увеличить отпуск теплоты потребителю [3].

Выявлено, что применение предложенного решения на ТЭС с энергоблоком мощностью 100 МВт позволяет полезно утилизировать более 9 Гкал/ч сбросной теплоты охлаждающей воды за счет подогрева дутьевого воздуха парового котла в конденсаторе ТТ. Мощность конденсатора составляет 12 Гкал/ч, мощность компрессора - 3,3 МВт. Экономия топлива от полезной утилизации низкопотенциальной теплоты составляет 9 Гкал/ч, экономия топлива - более 7000 тунт/год.

Литература:

1. **Аникина И. Д.** Использование тепловых насосов в технологических системах генерации тепловой энергии ТЭЦ // И. Д. Аникина, В. В. Амосов, М. Г. Лучко // Альтернативная энергетика и экология, 2013.
2. **Берзан В.П.** Аспекты проблемы стимулирования внедрения тепловых насосов // В.П. Берзан, С.Г. Робу, М.Л. Шит // Проблемы региональной энергетики, 2011.
3. **Соколов Е.Я.** Теплофикация и тепловые сети // М.: Издательство МЭИ, 2013.

*М.С. Константинова, студ.; рук. А.Я. Шелгинский, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ТРАНСПОРТНОЙ ЗОНЕ ГЛАДКОСТЕННОЙ ТЕПЛОВОЙ ТРУБЫ

В работе [1] показана перспективность комплексного использования теплонасосных установок (ТНУ) и тепловых труб (ТТ). При большом расстоянии от источника низкопотенциальной теплоты (ИНТ) до ТНУ необходимо учитывать потери давления при течении жидкости и пара в транспортной зоне ТТ. В гладкостенных тепловых трубах (термосифонах) перенос жидкости от конденсатора ТТ к испарителю происходит под действием различных сил [2]. В данной работе рассматривается перенос жидкости под действием гравитационных сил. Перенос теплоты от испарителя ТТ к конденсатору осуществляется насыщенным паром. Движение пара происходит под действием перепада давлений, вызванного перепадом температур в зонах испарения и конденсации на линии насыщения. В связи с этим необходимо одновременно решать вопросы теплообмена в зонах испарения и конденсации, и гидравлические потери при течении жидкости. В качестве теплоносителя в ТТ рассматривается этанол. Транспортная зона двухконтурная. Пар и жидкость перемещаются по отдельным каналам. Конденсатор ТТ кожухотрубный и одновременно является испарителем ТНУ с хладагентом, фреон R-407A. Испаритель ТТ также кожухотрубный. Источником низкопотенциальной теплоты являются сточные воды с температурой 35⁰С. Разработана система уравнений, позволяющая определять тепловые и гидравлические характеристики теплоносителей во всех характерных точках системы теплопередачи теплоты от ИНТ к ТНУ.

В результате проведенных исследований получены следующие результаты:

- показаны рациональные геометрические характеристики транспортной зоны в зависимости от величины теплового потока;
- определены геометрические характеристики испарителя и конденсатора ТТ.

Литература

1. **Константинова М. С., Шелгинский А. Я.** Разработка системы теплоснабжения на основе комплексного использования теплонасосных установок и тепловых труб // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тезисы докладов XXIV междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. М.: Издательский дом МЭИ, 2018.-с. 688.

2. **Шелгинский А.Я.** Тепловые трубы в системах теплоснабжения и утилизации ВЭР: Учебное пособие. – М.: Издательство МЭИ, 2005.–с. 52.

*А.Ю. Лихаева, студент; рук-ли: Ю.В. Яворовский, к.т.н., доц.,
И.А. Султангузин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЧЕБНОГО КОРПУСА Е НИУ «МЭИ»

Одним из наиболее актуальных вопросов в современных условиях является вопрос повышения энергетической эффективности зданий и сооружений. Достижение положительных результатов в данном вопросе возможно путем применения прогрессивных энергосберегающих [1] мероприятий, направленных на минимизацию потерь, снижение энергопотребления и более рационального использования энергоресурсов.

Объектом исследования в работе является учебный корпус Е «НИУ МЭИ», который был построен в 1929-1932 годах и располагается по адресу: г. Москва, ул. Красноказарменная, 13с1. Строение представляет собой восьмиэтажное учебно-лабораторное здание, главный фасад которого имеет сплошное остекление, а перпендикулярно примыкающий к нему корпус той же этажности – ленточное. Их соединяет массивная башня с круглыми окнами. В башне располагается подковообразный пандус, идущий снизу до самого верха. Корпус Е НИУ МЭИ является одним из памятников советского авангарда, включенных в реестр объектов культурного наследия регионального значения г. Москвы [2].

Целью работы является технико-экономический анализ и сравнение различных вариантов эффективности энергосберегающих мероприятий для учебного корпуса Е, таких как повышение термического сопротивления ограждающих конструкций и чердачных перекрытий, замена окон на окна с большим коэффициентом теплопередачи. В работе определен потенциал для экономии энергоресурсов при внедрении энергосберегающих мероприятий. Проведён выбор приоритетных направлений энергосбережения.

Литература

1. Электронный ресурс: СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Режим доступа: http://www.tsuab.ru/upload/filesarchive/files/SP_50_13330_2012_Teplovaja_zashhita_z_danij_Aktualizirovannaja_redakcija_SNiP_23_02_2003_file_1_1391.pdf
2. Электронный ресурс: Объекты культурного наследия. Портал открытых данных Правительства Москвы. Режим доступа: <https://data.mos.ru/opendata/530>

Ю. И. Шеврева, студ., рук. А. Ф. Прищепов, доц. (НИУ «МЭИ»)

ЗЕЛЕНАЯ ДЕРЕВНЯ

В XXI веке, в России, для обеспечения населенных пунктов тепловой и электрической энергией, широкое применение находят возобновляемые источники энергии.

Основной задачей данной работы является создание энергоэффективной схемы тепло- и электроснабжения деревни, расположенной недалеко от г. Краснодар. Для решения проблемы были использованы нетрадиционные возобновляемые источники энергии. В данной схеме нашли применение: солнечные батареи и коллектора, ветрогенерирующие установки; газопоршневая установка фирмы Deutz GPG-D-200 с номинальной мощностью $N=200$ кВт, работающая на биогазе, которым деревня обеспечивает себя самостоятельно (в сутки вырабатывается $607,5 \text{ м}^3$ биотоплива); pelletные котлы для покрытия пиковых нагрузок (для отопления коттеджного поселка необходимо $Q_{0\Sigma} = 118,08$ кВт; $Q_{\text{ГВС}\Sigma} = 153,7$ кВт. на ГВС).

В ходе исследования принято решение модернизировать данную схему тепло- и электроснабжения деревни. Так-как сжигание биогаза и pellet загрязняет окружающую среду, необходимо убрать ГПА и pelletные котлы и увеличить количество солнечных коллекторов. Для отопления жилых зданий будут использоваться тепловые насосы.

Литература

1. <https://ru.wikipedia.org>. Биогаз, статья от 25.08.2015.
2. <https://www.bio-energetics.ru>. Параметры и оптимизация процесса получения биогаза, статья на сайте
3. <https://www.biteco-energy.com>. Выход биогаза из разных видов субстратов.
4. <https://www.strana-rosatom.ru>. Газета Страна Росатом.
5. **Исаева А.Н.** Статья «Все об альтернативной энергетике», применение ветрогенераторов.

С.А. Вольнов, студент; рук. А.В. Волков, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТЕПЛОАККУМУЛЯТОРА С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ

В работе проведено численное моделирование и анализ высокотемпературного теплоаккумулятора (ВТА). Данный прибор накапливает традиционно теряемую теплоту и удерживает её при $\sim 700^\circ\text{C}$. Аккумулятор состоит из трубчатых накопительных элементов, которые содержат графитовые тигели с особым алюминиевым сплавом, претерпевающим за цикл зарядки-разрядки фазовые переходы твёрдый-жидкий-твёрдый [2].

Цель работы заключается в поиске оптимальных геометрических параметров трубчатых элементов. В работе описаны механизмы теплообмена ВТА [1] и построение и тестирование численной модели прибора в пакете ANSYS Workbench. На модели определено влияние каждого отдельного геометрического параметра на эффективность теплоаккумуляции с использованием методики [3].

Результаты расчётных исследований позволили обеспечить увеличение эффективности исходной модели на 15,5%.

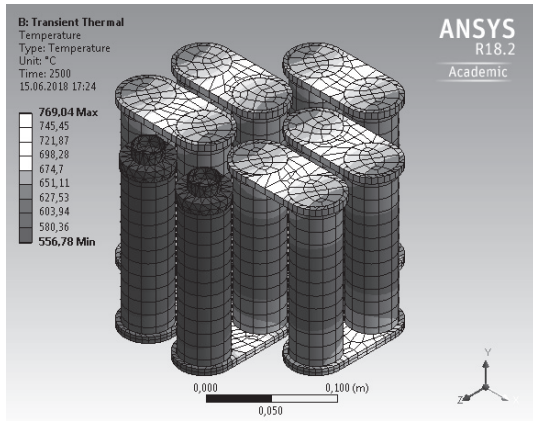


Рис.1 Температурное поле ВТА

Литература

1. **Baehr H.D., Stephan K.** «Тепло- и массообмен, 8» - Springer-Verlag, 2013
2. **Roth E., Schulze D., Thess A.** «Исследовательский доклад: исследования ВТА с фазовым переходом», TU Ilmenau, 2015
3. **Белыменко С.С., Ищенко В.О.** «Разработка критериев эффективности заряда и разряда твердотельного теплового аккумулятора» - изд. ДНУЖТ, 2014

Э.Цогтбаатар, студ.; рук. Ю.В. Яворовский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ РАЙОНА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО АККУМУЛЯТОРА

Для повышения энергоэффективности и надежности различных тепловых сетей применяют методы выравнивания тепловых нагрузок, используя теплоаккумулирующие установки.[1]

Задачей данного исследования является анализ гидравлических режимов и показателей надежности тепловой сети при использовании тепловых аккумуляторов.

В работе предлагается использовать тепловой аккумулятор, установленный отдельно от потребителя, в системе теплоснабжения района “Нисэх” город Улан-Батор, Монголия. В отопительный период тепловая сеть района очень чувствительна к изменению параметров при регулировании нагрузок. Из-за сложного геодезического расположения при регулировании или изменении параметров теплоносителя на источнике в системе нередко происходит опорожнение обратного трубопровода. Это приводит к моментальной остановке оборудования центральных тепловых пунктов.

В работе был произведен расчет тепловой нагрузки, выполнен гидравлический расчет и определены показатели надежности тепловой сети.

Как показали расчеты, применение теплового аккумулятора приводит к повышению показателя вероятности безотказной работы системы теплоснабжения с 0,81 до 0,84. Выравнивание тепловой нагрузки с тепловым аккумулятором также снижает экономические потери от невыгодного экспорта избыточной электрической энергии за счет использования электрического подогревателя воды.

Литература.

1. **Соколов Е.Я.** Теплофикация и тепловые сети. М.: Издательство МЭИ, 2009. С. 286-289.

О. А. Чехранова, студ.; рук. Е. Г. Гашо, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПЕРЕХОД НА ПРИНЦИПЫ НДТ

Принцип НДТ предусматривает обеспечение защиты окружающей среды наиболее эффективным способом; готовность технологии к внедрению, экономическую эффективность [1]. В условиях существующей технологической зависимости от технологий зарубежных стран, риска ограничения доступа российской промышленности к критическим технологиям, актуальность приобретает развитие отечественной промышленности. Первыми должны перейти на принцип НДТ предприятия с самым высоким уровнем вредного воздействия на окружающую среду (1 категория). К ней отнесены объекты по добыче и переработке, объекты энергетики, металлургии и т.д. В работе изложены основные этапы по переходу на принципы наилучших доступных технологий. В работе рассмотрен перечень сфер промышленности, где нужно, внедрять НДТ. В работе выявлены технологии и мероприятия, которые необходимо применять на предприятиях с целью повышения энергоэффективности и для снижения вредного воздействия на окружающую среду. Также проанализирована энергоэффективность и экономическая целесообразность мероприятий. В таблице 1 представлен пример выявления энергоэффективных технологий: в каждой отрасли был установлен показатель энергопотребления и определены наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности.

Таблица 1. Перечень технологий энергоэффективности отраслевых ИТС НДТ

Наименование отрасли	Показатели энергопотребления	НДТ
Производство никеля и кобальта	Уровни потребления энергии основных технологических процессов	Низкотемпературная сушка концентратов и влажного сырья перед плавкой

Литература

1. **Гашо Е. Г., Степанова М. В.** Развитие регионов через повышение энергоэффективности [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://ac.gov.ru/files/content/6445/tekst-pdf.pdf> (дата обращения 10.11.2018)

*Д.А. Кругликов, студент; рук. И.А. Султангузин, д.т.н., проф.
(МЭИ, Москва)*

CFD МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПАССИВНОГО ДОМА

В работе произведено CFD моделирование системы приточно-вытяжной вентиляции (ПВВ) индивидуального жилого дома, который соответствует требованиям стандарта «Passive house». Дом двухэтажный с подвальным помещением (рис.1). Общая площадь дома 200 м².

CFD моделирование (или численное моделирование в гидроаэродинамике) ПВВ основано на численном решении дифференциальных уравнений, описывающих теплофизику и аэродинамику внутреннего воздуха. Численное моделирование выполнено в CFD пакете Comsol Multiphysics. При этом внутренние помещения дома разбиваются на конечные элементы, которые образуют сетку. Сетка подвальных помещений приведена на рисунке 2.



Рис. 1. Пассивный дом

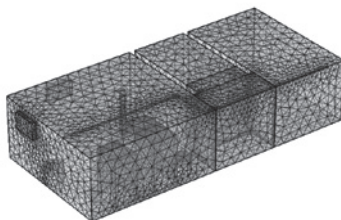


Рис. 2. Сетка конечных элементов

Для описания процессов переноса тепла в воздухе, турбулентных потоков воздуха, выходящих из приточных и вытяжных решеток/анемостатов использованы следующие дифференциальные уравнения (ДУ) в частных производных : - ДУ энергии; - ДУ Навье-Стокса динамики вязкого газа, которое дополнено уравнением неразрывности, ДУ k-ε модели турбулентности. Физический режим моделирования Non-Isothermal Flow (неизотермический поток) позволил рассчитать поля температур и скорости внутреннего воздуха.

В математической модели использованы граничные условия первого рода (постоянная температура) на поверхностях технологического оборудования, радиаторах и т.д. На приточных решетках задан массовый расход наружного воздуха, который нагревается в энтальпийном рекуператоре, а на вытяжных решетках давление.

*Geng Xiao, Student,
Supervisor: A.V. Fedyukhin, Associated Professor, Ph. D.;
(NRU «MPEI», Moscow)*

SIMULATION OF THERMAL CONVERSION UNIT FOR BIOCHAR PRODUCTION USING ASPEN PLUS

Biochar is the carbon-rich product obtained when biomass, such as wood, manure or leaves, is heated in a closed container with little or no available air. The surface chemistry of biochars, as expected from their heterogeneous compositions, is quite rich and varied. Biochar has applications in many ways, such as: soil amendment, waste management, energy generation. Different technologies can be used to produce biochar: drum pyrolysers, rotary kilns, screw pyrolysers, the flash carbonizer, fast pyrolysis reactors, gasifiers, hydrothermal processing reactors, and wood-gas stoves. Biochar is positioned to be presented to the market as an important element of the climate change agenda and the new-found attention to sustainability as society readjusts the agricultural and industrial practices of the past 200 years. Biochar stands to play a crucial role in the future re-evaluation of biomass as an essential resource in a C constrained world [1].

Steady state simulation model for biochar pyrolysis/gasification has been developed using Aspen Plus. The reactor modules used in the model are RStoic, RYield, and RGibbs, SEP, FSPLIT, FLASH₂, HEATER, et al. The other process also includes pyrolysis product prediction model and Fortran Module. Reactants, inter mediates and most considered during gasification and the final product is C, CO, CO₂, CH₄, H₂, H₂O, O₂, N₂, Cl₂, H₂S, S, COS, NH₃, SO₂, ash and tar. Tar originally a mixture, without prejudice to the simulation results, assumed that tar chemical composition be approximately C₆H₆O. Aspen Plus functionally allows varying and optimizing a wide range of unit parameters, including air/steam flow for gasifier; feed mass flow; operating parameters of reactor and etc [2].

References

1. Guerrero M., Ruiz M. P., Millera A., Alzueta M., Bilbao R. Characterization of biomass chars formed under different devolatilization conditions: Differences between rice husk and eucalyptus // 2008 Energy and Fuels, Vol 22, pp 1275–1284.
2. Fedyukhin A.V., Sultanguzin I.A., Gyl'maliev A.M., Sergeev V.V. Biomass Pyrolysis and Gasification Comprehensive Modeling for Effective Power Generation at Combined Cycle Power Plant // September 2017, Eurasian Chemico-Technological Journal. - Vol. 19, No. 3: 245-253.

*А.Д. Полесско, И.В. Стрелец, студенты; рук. А.Я. Шелгинский, д.т.н.,
проф. (НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЦЕХА ПО ПРОИЗВОДСТВУ СЕРНОЙ И ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВЫХ ВЭР ТЕХНОЛОГИИ

В настоящей работе рассматриваются вопросы создания энергетических систем обеспечения жизнедеятельности (ЭСОЖ) цеха по производству серной и экстракционной фосфорной кислоты на основе тепловых ВЭР технологических процессов. Учитывая важность проблемы энергосбережения в России, можно утверждать, что эта тема является актуальной.

В таких производствах выделяется большое количество тепловой энергии. В настоящее время значительное количество теплоты выбрасывается в атмосферу через водооборотные циклы. Только в одной технологической линии производительностью 1515 т/сутки моногидратной серной кислоты и 598 т/сутки экстракционной фосфорной кислоты в окружающую среду выводится тепловой поток мощностью 80,64 МВт и 16,65 МВт соответственно.

Для обеспечения теплотой, холодом и электроэнергией цеха по производству серной кислоты предлагается система использования тепловых ВЭР производства в виде насыщенного пара давлением 0,6 МПа, получаемого в результате экзотермической химической реакции при высокотемпературной абсорбции триоксида серы водой, а для обеспечения цеха по производству экстракционной фосфорной кислоты теплотой и специализированной камеры холодом предлагается использовать тепловые ВЭР на основе абсорбционных трансформаторов теплоты.

Результаты расчетов показывают, что при эффективном использовании рассматриваемых ВЭР возможно:

- полностью обеспечить теплотой системы отопления, вентиляции, горячего водоснабжения [1];
- дополнительно вырабатывать 3.5 МВт электроэнергии;
- использовать излишки теплоты на производство холода.

Литература

1. **А.Я. Шелгинский.** «Системы отопления жилых, общественных и производственных зданий». – М.: МЭИ, 2012.

*С.А.Прищепова, асп.; А.В. Федюхин, к.т.н., доц.;
рук-ли И.А. Султангузин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»);
П.А. Шомов, к.т.н., директор (НТЦ «Промышленная энергетика»)*

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
РЕСУРСОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОГО
КОМПЛЕКСА С ПРИМЕНЕНИЕМ АБСОРБЦИОННЫХ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТЕПЛОТЫ**

Проблема рационального использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) всегда будет актуальной. Одной из отраслей нашей страны, характеризующейся высоким уровнем потребления ТЭР, является нефтеперерабатывающая отрасль. Электрическая и тепловая энергия - основные энергоресурсы, потребляемые предприятиями переработки нефти. Самыми затратными процессами на нефтеперерабатывающем предприятии являются процессы ректификации, потребляющие большое количество тепловой энергии в виде пара, а также электроэнергии для нужд охлаждения.

Потенциал энергосбережения в процессах добычи и переработки нефти оценивается величиной 26–37 % от 23,8 млн т.у.т. совокупного потребления энергии в этом секторе, что составляет 6,1-8,8 млн т.у.т.[1]. Основная доля потребления ТЭР приходится на добычу, потенциал энергосбережения ТЭР в переработке приравнивается к 1 млн т.у.т.

Одним из эффективных способов сокращения потребления энергетических ресурсов является внедрение абсорбционных преобразователей теплоты (АБПТ) в технологические схемы переработки углеводородного сырья. Использование АБПТ позволит снизить потребление электрической энергии (ЭЭ), а также утилизировать сбросное тепло с целью получения холода.

Основной задачей данной работы является разработка эффективной и надежной схемы для нужд охлаждения с целью обеспечения конденсации верхних продуктов колонн в установке изомеризации нефтеперерабатывающего завода (НПЗ). Исходя из полученных результатов расчета в качестве варианта может быть рассмотрена установка двух АБПТ (АБХМ-1000 и АБХМ-600) производства ОАО «Теплосибмаш» с суммарной холодопроизводительностью 1500 кВт. Внедрение АБПТ позволит не только обеспечить конденсацию верхнего продукт колонн, но и снизить нагрузку на аппараты воздушного охлаждения, что способствует уменьшению потребления ЭЭ на привод вентиляторов.

Литература

1. Энергоэффективность в России : скрытый резерв. – М. : ЦЭНЭФ, 2007. – 162 с.

*Б.А.Христенко, студ.; А.В.Говорин, асп., И.Д.Калякин, асп.; рук.
И.А.Султангузин, д.т.н., проф.(НИУ «МЭИ»)*

Применение льдоаккумуляторов для сезонного отопления и кондиционирования воздуха

Несмотря на разнообразие нетрадиционных источников энергии, и способов их использования, в нашей стране не спешат отказываться от традиционных схем тепло- и холодоснабжения. Данная тенденция обусловлена несколькими факторами: высокие начальные капиталовложения, тяжелые проектировочные расчеты, убеждения в том, что альтернативные источники энергии малоэффективны, необходимость в аккумулировании и преобразовании энергии полученной от ВИЭ.

Использование льдоаккумулятора в качестве низкопотенциального источника тепла для тепловых насосов типа «рассол-вода» является привлекательным решением. Схема установки состоит из: льдоаккумулятора, солнечных коллекторов, реверсивного теплового насоса и буферной емкости и теплообменного оборудования [1].

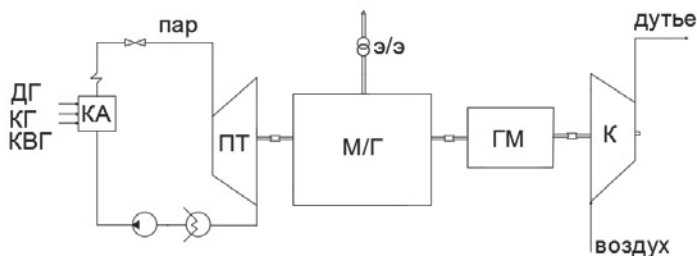
Когда начинается отопительный период - тепловые нагрузки возрастают, а потребность в кондиционировании снижается, тогда тепловой насос начинает отбирать тепло из льдоаккумулятора, вплоть до контролируемого обледенения при 0°C. Далее в хранилище происходит фазовый переход воды из жидкого в твердое состояние. По завершению отопительного периода потребность в отоплении здания постепенно снижается, и тепловой насос переходит в реверсивный режим работы. В данном режиме происходит регенерация льдоаккумулятора. Производится отбор холода из хранилища для кондиционирования воздуха в помещении. Лед в баке аккумуляторе начинает таять и происходит постепенное накопление тепла. Таким образом, цикл замыкается [2].

Подводя итоги необходимо отметить, что системы энергоснабжения на базе льдоаккумуляторов, позволят эффективно покрыть сезонные нагрузки на системы отопления и кондиционирования воздуха. Исследование показывает, что данное техническое решение является не только конкурентоспособным относительно традиционных источников холодо- и теплоснабжения, но и во многом превосходят их.

Список литературы

1. Montageanleitung für die Fachkraft Viessmann Werke, Allendorf (Eder), Redaktion & Gestaltung solarcontact, Hannover – 2017. – С. 7
2. D. Carbonell, D. Philippen, M.Y. Haller, E. Frank «Development and validation of mathematical model for ice storages with heat exchangers that can be de-iced», ISES Solar World Congress – 2013 – С. 2342 - 2352

И.И. Кобзева, студ.; рук. В.И. Ситас, к.т.н., доцент (НИУ «МЭИ»)
**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
 ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЗА СЧЕТ ВЫРАБОТКИ
 ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОТ ПАРОТУРБИННЫХ ПРИВОДОВ
 РЕЗЕРВНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ АГРЕГАТОВ**



ПТ - Паровая турбина; М/Г - Мотор-генератор; ГМ - Гидравлическая муфта;
 К - Доменная воздуходувка (Компрессор); КА - Котельный агрегат;
 ДГ - Доменный газ; КГ - Коксовый газ; КВГ - Конвертерный газ

Рис. 1. Энерготехнологическая система производства доменного дутья

В данной работе рассматриваются режимы работы модернизированного компрессорного агрегата по производству доменного дутья (рис. 1). С целью повышения энергетической эффективности и исключения простоя привода резервного компрессоров, последний используется для выработки электроэнергии. Данное техническое решение так же обеспечивает оперативный запуск резервного компрессора в случае возникновения аварийной ситуации. Рассмотрены следующие режимы работы агрегата.

Режим №1. Режим генерации электроэнергии.

Режим №2. Работа резервного компрессора при выходе из строя основной доменной воздуходувки.

Режим №3. Работа резервного компрессора совместно с генерированием электроэнергии при «тихом ходе» доменной печи.

Режим №4. Работа резервного компрессора при выходе из строя котла-утилизатора, работающего на вторичных энергетических ресурсах (ВЭР).

*А.И. Бартнев, студ.; И.Д. Калякин, асп.; А.В. Федюхин, к.т.н., доц.;
рук-ли И.А. Султангузин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»);*

П.А. Шомов, к.т.н., директор (НТЦ «Промышленная энергетика»)

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ГЛУБОКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Одним из перспективных направлений энергосбережения и повышения энергетической эффективности в теплоэнергетике является утилизация низкопотенциальной теплоты уходящих дымовых газов. В настоящей работе были рассмотрены пять вариантов схем с применением конденсерной системы утилизации теплоты для котельной и построены их модели в программном комплексе Thermoflex [2].

В первом варианте схемы утилизация теплоты дымовых газов отсутствует и модель представляет собой обычную модель котельной. Данная схема использовалась для сравнения с модернизированными вариантами. Во втором варианте схемы утилизация теплоты уходящих дымовых газов осуществляется за счет нагрева обратной сетевой воды в полном объеме в двух секциях утилизационной установки. Третий вариант добавляет в технологическую схему глубокой утилизации теплоты дымовых газов воздухоподогреватель, в котором наружный воздух нагревается обратной сетевой водой.

Четвёртый и пятый вариант добавляют в схему теплонасосную установку (ТНУ) и абсорбционную холодильную машину (АБХМ) [1] соответственно. Обе машины в двух вариантах служат для передачи тепловой энергии от обратной сетевой воды, приходящей на котельную, к прямой сетевой воде, уходящей потребителю. Таким образом, температура обратной сетевой воды на входе в конденсационный теплообменник снижается, что позволяет сократить его теплообменную поверхность. В качестве греющего источника для АБХМ используется природный газ.

Данные схемы могут позволить сократить расход природного газа на 13,2% (2,5 тыс.м³/ч) для котла номинальной мощностью 167 МВт. Наиболее рациональной для применения по результатам моделирования является третья схема. Схемы четыре и пять нерациональны из-за высокой стоимости оборудования для их реализации.

Литература

1. Бараненко А.В., Тимофеевский Л.С., Долотов А.Г., Попов А.В. Абсорбционные преобразователи теплоты. СПб.: СПбГУНиПТ, 2005.

2. Федюхин А.В., Султангузин И.А., Курзанов С.Ю., Белов Р.Б., Бакулин А.В., Шомова Т.П. Применение прикладных программных средств для решения задач промышленной теплоэнергетики: учебное пособие. М.: Издательство МЭИ, 2016.

**Д.О. Романов, аспирант; рук. Ю.В. Яворовский, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)**

КАСКАДНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕРМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ

Уменьшение затрат электроэнергии на транспортировку теплоносителя в системах централизованного теплоснабжения, по-прежнему, остается актуальной задачей. Еще большую значимость эта задача может приобрести при переходе к низкотемпературным системам теплоснабжения [1] с небольшой разницей температур между подающим и обратным трубопроводами [2].

Термогидравлический разделитель (ТГР) – устройство с низким гидравлическим сопротивлением, которое может обеспечивать гидравлическую независимость между подключенными к нему контурами [3]. ТГР может использоваться в традиционных или низкотемпературных системах теплоснабжения на источнике теплоснабжения, в тепловом пункте, непосредственно у потребителей. Если в системе теплоснабжения установить последовательно несколько ТГР, то можно получить каскадную систему, в которой будут иметься гидравлически независимые друг от друга участки (кольца). Циркуляция теплоносителя на таких участках обеспечивается насосами с частотными преобразователями, что позволяет исключить регулируемую арматуру и потери напора при дросселировании. Кроме того, такие участки могут иметь намеренно завышенные диаметры и обладать относительно небольшим гидравлическим сопротивлением. Это позволит получить пологий пьезометрический график и динамический режим работы тепловой сети близкий к статическому.

Таким образом, при использовании каскадных схем на основе термогидравлического распределителя можно добиться значительного снижения затрат электроэнергии, потерь от дросселирования в системах теплоснабжения. При этом напор циркуляционных насосов будет также снижен, что приведет к появлению низконапорных систем теплоснабжения, а также низконапорных низкотемпературных систем теплоснабжения.

Литература

1. **Lund H., Werner S. et al.** 4th Generation District Heating (4GDH). Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. – Energy 68 (2014) pp 1-11.
2. **Brange L., Lauenburg P. et al.** Bottlenecks in district heating networks and how to eliminate them. – A simulation and cost study. – Energy 137 (2017) pp 607-616.
3. **Yavorovsky Y., Romanov D., Khromchenkov V.** Experimental research of thermo-hydraulic separators and dispatchers in heat supply systems. – Solid State Phenomena 284 (2018) pp 1385-1389.

*A.A. Shchepetkov, Student,
Supervisor: A.V. Fedyukhin, Associated Professor, Ph. D.;
(NRU «MPEI», Moscow)*

**PINCH TECHNOLOGY APPLICATION FOR OPERATION
PARAMETERS ANALYSIS OF CRUDE OIL REFINING PLANT
ELOU-AVT**

The pinch method is based on the thermodynamic analysis of the process flow system; it allows you to achieve substantial financial savings by minimizing the use of external energy. This method consists in finding the best ways to transfer heat by identifying the narrowest points (pinches) between heating and heated flows. It is used to determine the energy consumption that must be expended to carry out the process in the chemical process system [1].

ELOU-AVT primary oil refining plants are used at the refinery to remove salts and water from the crude oil supplied to the plant and then obtains the necessary products by rectification. The plant for primary oil refining consists of a raw material preheating unit and a distillation column unit. Aspen HYSYS is used to build a computer model of plant ELOU-AVT. To calculate the physicochemical properties of oil, design data on the composition and properties of fractions were used. Based on the data obtained from the calculation of the computer model of the plant, composite heat curves were constructed for hot and cold streams [2].

To analyze the efficiency of the ELOU-AVT plant, it is necessary to build a temperature-enthalpy diagram that shows how much energy is required to be brought to the system in order to change its temperature from the initial to the final value. Pinch analysis is widely used in chemical and petrochemical plants, where he has established himself as the best. It is one of the most effective tools for rationalizing energy consumption and saving energy.

References

1. Smith R., Klemesh Y., Tauzhnyansky L.L., Kapustenko P.A., Uliev L.M. Basics of integration of thermal processes. Kharkov: NTU «KPI». 2000. – 458 P.
2. Bulatov I.S. Pinch technology. Energy saving in industry. – SPb.: Strata, 2012. – 140 p.

*Е.Н. Целуйко, аспирант; рук-ли М.М. Султанов к.т.н., доц.;
Ю.В. Яворовский, к.т.н., доц.
(НИУ МЭИ)*

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ ПОТЕРИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Актуальность повышения энергетической эффективности системы теплоснабжения с изменением расчетных условий эксплуатации, графика тепловых нагрузок и режима регулирования тепловых сетей обусловлено не только формированием конкурентного тарифа на тепловую энергию, но и выполнением всеми участниками условий теплового бизнеса согласно ФЗ «О теплоснабжении» №190-ФЗ от 27.07.2010 г.[1]

Анализ изменения температурного графика теплосети 145/70 °С со «срезкой» на 115 °С и с переходом на количественный режим регулирования тепловой нагрузки с частичной качественной подстройкой описывается формулой:

$$\bar{Q} = Q_{\text{кол}} / Q_{\text{кач}} = ((\tau_{\text{ср}}^{\text{кол}} - t_0) \cdot (d_{\text{ср}}^{\text{кол}} + 0,15)) / ((\tau_{\text{ср}}^{\text{кач}} - t_0) \cdot (d_{\text{ср}}^{\text{кач}} + 0,15)), \quad (1)$$

где $\tau_{\text{ср}}^{\text{кол}}$, $\tau_{\text{ср}}^{\text{кач}}$ – средние температуры теплоносителя соответственно при качественном и количественном режиме, °С; $d_{\text{ср}}^{\text{кол}}$, $d_{\text{ср}}^{\text{кач}}$ – средние диаметры трубопроводов при качественном и количественном режиме, м.

Полученные граничные условия режимов теплоснабжения без изменения конструкции тепловой изоляции и трубопроводов для г. Волжского рассчитаны по методике программы [2]. При этом энергоэффективность перехода на новый режим отпуска тепла обеспечивается до температуры наружного воздуха -15...-16 °С и не влияет на величину тарифа по тепловой энергии в условиях работы теплосети ниже - 17 °С.

Литература

1. ФЗ-190 «О теплоснабжении» от 27.07.2010 г.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018619983 от 15.08.2018 г.

*А.А. Никулина, студент; рук. Е.В. Жигулина к.т.н., доц.,
В.Г. Хромченков, ст. преп. (НИУ «МЭИ», Москва)*

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ СПГ НА ТЭС ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕГО В КАЧЕСТВЕ РЕЗЕРВНОГО ТОПЛИВА

Работа посвящена исследованию возможности использования, получения и хранения сжиженного природного газа вместо мазута в качестве аварийного и резервного топлива на тепловых электрических станциях (ТЭС) за счет энергосберегающих технологий, позволяющие помимо электрической энергии получать холод, такого температурного уровня, который необходим для получения сжиженных фракций природного газа, чтобы накопить необходимое количество резервного топлива [1]. Была произведена оценка потребности в резервном топливе и рассмотрены технические решения для резервирования топлива в виде сжиженных углеводородов необходимого объема.

В работе представлены результаты моделирования схемы [2] в программном комплексе ASPEN PLUS получения конденсата природного газа за счет произведенного в детандере холода для формирования необходимого количества резервного топлива. Был проведен расчет схемы реализации получения СПГ на примере ТЭЦ-23 г. Москвы: схема с регенерацией для предварительного охлаждения подводимого в детандер газа. Такое техническое решение позволяет производить дополнительную электроэнергию и глубоко охлаждать газ. Проведены исследования зависимостей выхода конденсата от состава природного газа. В ходе работы было установлено, что реализация схемы позволит сформировать необходимое количество резервного топлива. На данный момент стало возможным организовать обоснованное с экономической точки зрения хранение СПГ на объектах энергетики. Если доля этана в используемом природном газе высокая, то нужно выбрать изотермическое хранилище, что не является экономически целесообразно. Объем хранилища для сжиженных углеводородов также зависит от состава исходного газа.

Литература

- 1. Жигулина Е.В., Кривоконь В.М., Хромченков В.Г.** Анализ возможностей использования турбодетандера на потоке топливного газа компрессорной станции // Тр. Седьмой всероссийской школы-семинара «Энергосбережение – теория и практика». – Изд ЗАО «Издательский дом МЭИ», М.: 2014. Т. 1 – С. 146-149.
- 2. Патент на полезную модель № 152385.** (РФ). -3с.: ил. Система для подготовки природного газа к сжиганию в котлоагрегатах/Е.В. Жигулина, В.Г. Хромченков., В.М. Кривоконь.

*В. А. Шипилов студент; рук. Ю. В. Яворовский к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

Анализ метода Альтернативной котельной в качестве решения проблемы формирования тарифов в теплоэнергетике РФ.

Целью данной работы является оценка эффективности внедрения идеи альтернативной котельной с целью установления оптимального потребительского тарифа.

Достижение поставленной цели осуществляется путем решения следующих задач:

- 1) Анализ эффективности работы существующих предприятий по поставке тепловой энергии.
- 2) Выявление условий формирования потребительских тарифов.
- 3) Фиксация наиболее влиятельных показателей при формировании тарифов и соотнесение их с показателями альтернативной котельной.
- 4) Расчет потребительского тарифа на тепловую энергию.
- 5) Сравнение тарифов.

Проведен расчет по данным с тепловых станций города Владимир. В расчете проводился корреляционно-регрессионный анализ, для выявления наиболее влиятельных факторов в себестоимости тепловой энергии. Так же проведен расчет потребительских тарифов от источников тепловой энергии.

На основе данных полученных в расчетах потребительских тарифов, а так же себестоимости тепловой энергии на тепловых станциях города Владимир и в результате сравнения этих данных с тарифом альтернативной котельной, были сделаны определенные выводы:

1. При максимальной загрузке ТЭЦ, потребительский тариф на тепловую энергию ниже чем тарифы на котельных, а так же ниже установленного тарифа по методу Альтернативной котельной.
2. Для обеспечения хорошей загрузки ТЭЦ, можно ввести налог на топливо для источников тепловой энергии св радиусе полезного действия ТЭЦ, что приведет в итоге к снижению потребительского тарифа.

Литература

1. Приказ «Об утверждении Методических указаний по расчету регулируемых тарифов и цен на электрическую (тепловую) энергию на розничном (потребительском) рынке» от 6 августа 2004 года N 20-э/2 (с изменениями на 29 марта 2018 года) (редакция, действующая с 28 апреля 2018 года)
2. Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения муниципального образования город Владимир на 2013-2027 годы – Книга 1, Владимир, 2013
3. Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения муниципального образования город Владимир на 2013-2027 годы – Книга 2, Владимир, 2013

И.С. Соколов, студ.; рук. М.В. Лукин к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

Разработка методики расчета экономически обоснованного срока проведения химических промывок теплообменников ГВС систем централизованного теплоснабжения.

Объектом исследования в данной работе являются пластинчатые и кожухотрубные теплообменные аппараты системы ГВС.

Исследования показали, что доля потерь ВВП от загрязнения теплообменников систем централизованного теплоснабжения в развитых странах составляет от 0,12% до 0,35% [1]. В настоящее время необходимый срок проведения химической промывки прописан в ПТЭ [2] и составляет раз в год. Для определения фактической необходимости проведения промывки текущий перепад давления соотносится с фактическим, указанным в паспорте теплообменника, однако данный метод не всегда позволяет сделать вывод о способности теплообменника выполнять заданную функцию.

Указанные выше методы не позволяют определить оптимальный срок проведения промывки и реальное состояние теплообменника, что приводит к проблемам в течение его эксплуатации. Снижение коэффициента теплопередачи при отсутствии запаса поверхности теплообменника, приводит к отпуску горячей воды в систему ГВС более низких параметров, что недопустимо, либо к перерасходу греющего теплоносителя. Снижение температуры воды в системе ГВС повышает риски биологического заражения, в частности, бактерией легионелла [3,4]. Кроме того, появление отложений интенсифицирует коррозионные процессы, что приводит к снижению срока службы теплообменного оборудования, а также к увеличению затрат на привод насосов.

Работа посвящена разработке методики расчета экономически обоснованного срока проведения химических промывок теплообменников ГВС и направлена на повышение эффективности работы теплообменников ГВС и надежности системы.

Литература

1. **Muller-Steinhagen, Н.**, Heat Exchanger Fouling-Mitigation and Cleaning Technologies. Essen, Publico Publications, 2000. 382 с.
2. **Приказ Минэнерго РФ** от 24-03-2003 115 «Об Утверждении Правил Технической Эксплуатации Тепловых Энергоустановок»
3. **И. Н. Чистяков, М. М. Грудзинский, В. И. Ливчак**, Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1988. 314 с.
4. **СанПиН 2.1.4.2496-09** Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения.

А.О. Третьяков, студ.; рук. Ю.В. Яворовский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ МЕТОДИКИ «АЛЬТЕРНАТИВНАЯ КОТЕЛЬНАЯ» ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТАРИФА НА ТЕПЛОВУЮ ЭНЕРГИЮ

Данная работа посвящена анализу методики «альтернативная котельная» при формировании тарифа на тепловую энергию.

Идея перехода на метод альтернативной котельной как элемента реформы тепловой энергетики, обсуждается профессиональным энергетическим сообществом уже не один год, однако закон уже принят, уже совсем скоро пилотная версия проекта вступит в силу в некоторых городах.

Предполагается, что цена для потребителей на теплоэнергию в рамках новой модели будет определяться не по методу «затраты плюс», а в рамках свободного ценообразования, ограниченного предельным значением.

В данной работе приводится сравнение и анализ тарифа на тепло для разных регионов по методу «Альтернативной котельной». Рассматриваются преимущества и недостатки предложенного метода:

- привлечение частных инвестиций в капиталоемкую отрасль;
- огромные запасы по росту энергоэффективности;
- снижение платежей на электрическую и тепловую энергию в будущем за счет повышения энергоэффективности;
- отсутствие необходимости выделения значительных субсидий для строительства генерации;
- увеличение тарифа у потребителей, у которых старая цена на тепловую энергию была ниже предельной цены, посчитанной по методике;
- учет не всех потерь при расчете.

Предполагается, что данная методика способствует решению некоторых главных проблем теплоэнергетики в России: решение проблемы финансирования в теплоэнергетике, которое должно способствовать росту энергоэффективности на источниках теплоснабжения.

*И.С. Соломатов, Г.И. Парфенов, студенты;
рук-ли В.К. Пыжов, к.т.н., доц.; Н.Н. Смирнов, доц. (ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЗДУХООБМЕНА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ С БОЛЬШИМ ВЫДЕЛЕНИЕМ ПЫЛИ

Проектирование систем вентиляции (общеобменной и местной) для производственных помещений с большим выделением пыли часто осуществляется по укрупненным нормативным значениям [1]. Корректнее производить проектирование с использованием данных моделирования воздухо- и теплообмена, полученных при помощи современных программных средств на основе метода конечных элементов, с учетом следующих факторов [2]:

- линий движения и полей скоростей воздушных потоков;
- температурных полей.

В работе рассматривается моделирование теплового воздухообмена в производственном помещении машиностроительного предприятия – в цехе по производству тяжелого бетона. Тяжелый бетон, представляющий собой смесь песка, цемента и металлических элементов, используется в качестве наполняющего материала для контргрузов экскаватора.

Основной вредностью в данном помещении являются большие технологические выделения пыли. Произведенный расчет теплового баланса показал наличие значительных недостатков теплоты в холодный период года и избытков в теплый. Было проведено тепловизионное обследование ограждающих конструкций здания цеха и выявлены зоны с низкой тепловой защитой.

Была построена геометрическая модель цеха, а затем смоделированы процессы тепло- и воздухообмена в производственном помещении. На основе полученных данных были спроектированы системы местной и общеобменной вентиляции.

Моделирование осуществлено в программе COMSOL Multiphysics для следующих режимов:

- холодный период года: рабочее/не рабочее время;
- теплый период года: рабочее/не рабочее время.

Литература

1. Пыжов В.К. Проектирование и эксплуатация систем кондиционирования, вентиляции и отопления. Иваново: ИГЭУ, 2011.

2. Яблоков А.А., Смирнов Н.Н., Лебедев В.Д., Сафронов А.С. Моделирование прикладных задач тепло- и воздухообмена в программе COMSOL Multiphysics. Иваново: ИГЭУ, 2017.

*И.И. Чиликова, соиск.; рук. Л.В. Плотникова, к.т.н., доц.
(КГЭУ, Казань)*

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВТОРИЧНОЙ ЭНЕРГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗНО- БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Целлюлозно-бумажная промышленность является одной из крупных отраслей со значительными затратами тепловой энергии. Оставшийся потенциал тепловых потоков, отработанных в технологии, в основном сбрасывается в канализацию или отводится в атмосферу [1]. Предлагается создавать на предприятиях данной отрасли системы преобразования «сбросной» энергии с использованием трансформаторов теплоты (ТТ).

Предлагается организовать комбинированную систему преобразования вторичной энергии с включением нескольких ТТ в теплотехнологическую схему целлюлозно-бумажного производства. Возможно включить ТТ в схему для использования теплоты отработанного влажного воздуха сушильной установки, а именно для доведения параметров влажного отработанного в установке воздуха до требуемых параметров греющего сухого воздуха, подаваемого на вход установки. В процессах разделения на вспомогательном участке получения спирта при производстве бумаги предложено включить ТТ в ректификационную установку для утилизации теплоты верхнего продукта колонны и подогрева ее нижней части. Выявлен также следующий источник для работы ТТ - сточные воды, образующиеся на древесно-подготовительном участке и на участке производства бумаги.

Оценка возможности применения каждой из предложенных систем преобразования вторичной энергии осуществлена с использованием структурно-термодинамического анализа. Структурный анализ [2] позволил избавиться от многоконтурности схемы производства и определить кратчайшую последовательность ее расчета. Полученная структурная модель использована как база для термодинамических расчетов в едином программном продукте. Термодинамический анализ позволил рассчитать термодинамический потенциал системы, уточненные коэффициенты оценки эффективности системы преобразования вторичной энергии для разных вариантов включения ТТ.

Литература

1. Назмеев Ю.Г., Коныхина И.А. Теплоэнергетические системы и энергобалансы промышленных предприятий. М.: Издательство МЭИ, 2002.
2. Плотникова Л.В., Петрова О.Г., Плотников В.В. Построение расчетной модели сложноструктурированной теплотехнологической схемы нефтехимического производства // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2010. № 9-10.

А. М. Хакимова, студ; рук. А.М. Гусячкин, к.т.н., доц. (КГЭУ, г.Казань)

ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОДВЕРГШИХСЯ УВЛАЖНЕНИЮ

Протяженность тепловых сетей, в том числе и магистральных теплотрубопроводов в развитых промышленных центрах и крупных городах РФ, как правило, составляет километры, а иногда даже десятки километров.

Одной из проблем в сфере поставки тепловой энергии потребителю являются высокие тепловые потери при эксплуатации тепловых сетей. Основным недостатком тепловой изоляции на основе минеральных и стеклянных волокон существующих тепловых сетей является ее гидрофильность [1]. Проникающая в изоляцию влага может вызывать существенное увеличение потерь теплоты. Поэтому актуальной задачей является исследование теплозащитных свойств теплоизоляционных материалов при их увлажнении. Однако на сегодняшний день подобных исследований крайне мало.

В данной работе проведены исследования теплопроводности теплоизоляционного материала Rockwool 80 плотностью 80, 105 кг/м³ и Isotec 80 плотностью 80 кг/м³ при исходной (0,5%) и 5,0% влажности. Измерение коэффициента теплопроводности проводились с помощью прибора «Измеритель теплопроводности строительных материалов» ИТС-1 в соответствии с ГОСТ 7076-99. Для экспериментов были изготовлены образцы в виде прямоугольного параллелепипеда, наибольшие грани которого имеют форму квадрата с размерами 150 мм. Образцы изоляции определенной влажности готовились путем впрыскивания воды внутрь образца.

Важно отметить, что результаты исследований зависят не только от используемого метода тестирования, но и от того, как готовятся образцы влажной изоляции. В результате проведенных измерений было установлено, что повышение влажности теплоизоляционного материала Rockwool 80 с 0,5 до 5,0 % привело к увеличению его коэффициента теплопроводности на 44,4 %, Rockwool 105 на 77,6 %, а Isotec 80 на 56,3 %. Таким образом, даже незначительные утечки теплоносителя приводят к значительным потерям теплоты в тепловых сетях.

Литература.

1. Немова Т.Н., Лежнева Ю.А., Цветков Н.А., Алексеева Е.Г. Влияние изменения теплопроводности теплоизоляционных материалов на тепловые потери магистральных трубопроводов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 5 (58). С. 151-160.

*Н.Д. Калинина, И.А. Шуватова, студентка; рук. Е.Г. Гапо, д.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ВЫЯВЛЕНИЕ РЕЗЕРВОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ РОССИИ

Система теплоснабжения города служит для удовлетворения потребности населения в отопление жилых и производственных помещениях, горячем водоснабжении и вентиляции. С численностью населения городов, растут и их потребности, а, следовательно, увеличивается сложность систем теплоснабжения, уменьшается резерв мощности и в ряде случаев образуется ее дефицит.

Особенности городов, использование различных видов топлива, устаревшие/неэффективные источники, текущее состояние тепловой сети и ее износ и т.д. – все это делает систему теплоснабжения каждого города уникальной и формирует ряд проблем качественного теплоснабжения.

В работе отражены следующие аспекты по данной теме:

- Анализ и выявление особенностей схем теплоснабжения таких крупных городов РФ, как Ульяновск и Ярославль [1];

- Проведены расчеты тепловой нагрузки модели города с населением 615 тыс. человек и сравнительный анализ (таблица 1) со схемами теплоснабжения городов Ульяновска и Ярославля. Для Ярославля выявлена основная проблема: огромный резерв мощности при значительном моральном износе основного источника теплоснабжения центральной части города.

Таблица 1. Сравнение тепловой нагрузки городов и модели

	Ульяновск	Ярославль	Модель
Население, чел	626540	608722	615000
Площадь жилого фонда, м ²	16381300	13682585	1476000
Нагрузка сектора ЖКХ, ГКал/ч	1950	3100	1847
Расчетная величина, ГКал/ч	2035	1722	

Данная работа позволяет сравнить необходимую и существующую тепловую нагрузку крупных городов, на основе которых в дополнение к схемам теплоснабжения могут быть выявлены их недостатки и проблемы.

Литература

1. Пузаков В.С. Анализ разработки и утверждения схем теплоснабжения в Российской Федерации // «ЭНЕРГОСОВЕТ» № 2 (39). 2015.

С.А. Вольнов, студент; рук. А.В. Волков, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ПЕРИОДЫ ПИКОВЫХ НАГРУЗОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЭС БАШЕННОГО ТИПА

С развитием энергетики из возобновляемых источников неизбежно встаёт проблема неравномерности её выработки и потребления. Особо остро данный вопрос проявляется у децентрализованных потребителей. В данной работе предлагается решение этой проблемы путём внедрения гидроаккумулирующих электростанции (ГАЭС) башенного типа. Проведена разработка ГАЭС малой мощности (до 100 кВт) на основе существующих водонапорных башен для энергоснабжения децентрализованных локальных потребителей.

Технические характеристики:

Геометрический напор $15 \div 30$ м;

Объём резервуаров $30 \div 100$ м³;

Мощность до 100 кВт;

Диаметр водовода до 500 мм.

На сегодняшний день ГАЭС является одним из самых эффективных аккумуляторов больших запасов электроэнергии. Внедрение рассмотренных ГАЭС позволяет решить комплекс задач энергоснабжения децентрализованных потребителей:

- Снижение неравномерности нагрузки на сеть не менее чем на 20%;
- Обеспечение экологичным энергоснабжением автономных потребителей, расположенных на территории самых разных зон РФ;
- Повышение надёжности электроснабжения автономных потребителей.

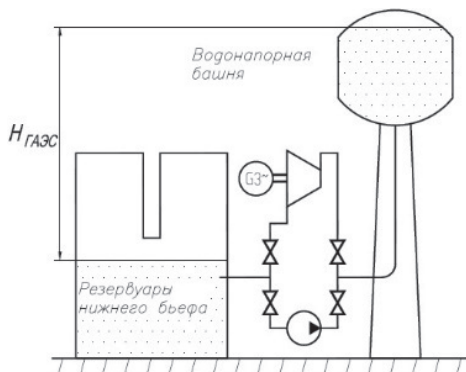


Рис.1 Схемное решение мини-ГАЭС

Литература

1. Синюгин В.Ю., Магрук В.И. и др. «Гидроаккумулирующие электростанции в современной электроэнергетике» - НЦ ЭНАС, 2008
2. Sterner M., Stadler I. «Накопители энергии. Спрос, технологии, интеграция» - Berlin Heidelberg, 2017

*А.А. Закревский, студент; рук. В.В. Куличихин, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛИПЕЦКОЙ ТЭЦ-2 ПУТЕМ СТРОИТЕЛЬСТВА ПГУ

В работе произведена реконструкция ТЭЦ-2 в г.Липецк с целью увеличения отпускаемой электрической и тепловой энергии. В настоящее время установленная электрическая мощность ТЭЦ-2 составляет 515 МВт, отпускаемая тепловая мощность -1182 Гкал/ч. В настоящее время в РФ расширение существующих ТЭЦ с целью наращивания мощности осуществляется преимущественно за счет ПГУ на базе ГТУ, работающих на газообразном топливе. Это связано с высоким кпд таких установок, относительно низкими затратами на топливо, низкой эмиссией продуктов сгорания топлива в атмосферу. В связи с созданием ГТУ последнего поколения, кпд до 38%, общий кпд ПГУ может достигать 58%, в то время как кпд традиционных ТЭЦ на базе ПТУ обычно не превышает 30%.

Планируется расширение ТЭЦ-2 блоком ПГУ на базе двух газовых турбин ГТЭ-100 LM3, котлов-утилизаторов и одной паровой турбины К-100-90 (рис.1). Суммарная отпускаемая электрическая мощность после реконструкции составит 815 МВт.

В работе производится расчет тепловой схемы ПГУ: определение теплофизических характеристик выхлопных газов; расчёт котла-утилизатора; построение тепловой диаграммы котла-утилизатора; расчёт паровой турбины; построение h-s диаграммы расширения пара; выбор основного и вспомогательного оборудования. Производится технико-экономическая оценка мероприятия. Годовой экономический эффект достигается за счет прибыли от реализации дополнительного количества энергии потребителям.

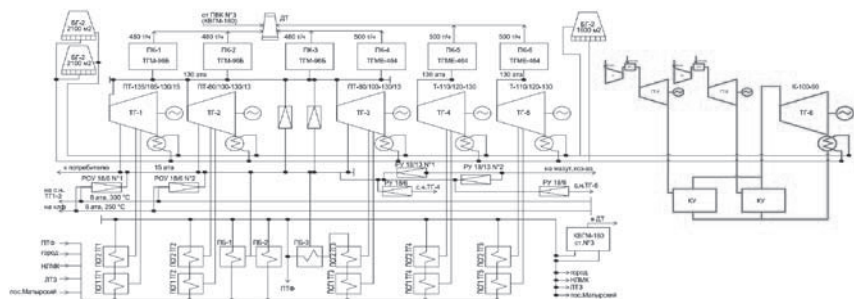


Рис. 1. Технологическая схема ТЭЦ-2 после расширения

*М.В. Козлова студ., П.С. Соколов инженер;
рук. А.В. Банников к.т.н., доц. (ИГЭУ, Иваново)*

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПАРОВОЗДУШНОГО ОПРЕСНЕНИЯ ВОДЫ

Паровоздушный метод опреснения, основанный на законе равновесного состояния паро-газожидкостных смесей, в силу его энергоэффективности [1], является одним из перспективных методов получения пресной воды, соответственно, его исследование актуально.

В настоящей работе представлено планирование экспериментального исследования процесса паровоздушного опреснения воды, объектом которого является автономная опреснительная установка [2].

В рамках работы планируется провести полнофакторный эксперимент (ПФЭ), параметром оптимизации которого будет являться производительность установки. При этом общая минерализация в конденсате на выходе из установки будет принята не более требуемых значений [3], то есть не более 1 г/л.

Варьируемыми факторами, оказывающими влияние на параметр оптимизации, будут приняты начальные температуры воды и воздуха в зоне барботажа, они будут варьироваться на двух уровнях.

Для распространения серии единичных экспериментов на группу подобных явлений факторы планирования будут обрабатываться в относительных координатах.

Результаты экспериментального исследования, проводимого при постоянном давлении и объемном расходе воздуха, будут аппроксимированы уравнениями регрессии первого порядка.

В том случае, если точность функции отклика сформированного плана ПФЭ окажется недостаточной, то этот план будет достроен до плана второго порядка и будет сформировано уравнение регрессии в виде полного квадратичного полинома, без потери информации о ранее сделанных опытах.

Для получения уравнения регрессии второго порядка будет использоваться ортогональный центрально-композиционный план, в котором все точки измерений расположены симметрично относительно центра плана.

Литература

1. **Дикий Н.А.** Энергоустановки геотермальных электростанций/Н.А.Дикий. – К.: Высш. Шк. Головное изд-во, 1989. – 198 с. – ISBN 5-11-001427-2.
2. **Автономная опреснительная установка:** пат. 2613920 Рос. Федерация: 2016100701; заявл. 11.01. 16; опубл. 22.03.2017, Бюл №9 сс.
3. **ГОСТ 2874-82 Вода питьевая.** Гигиенические требования и контроль за качеством. С Изменениями №1 и 2. М.: Издательство стандартов, 1989 г.

*Р.Р. Ротач, асп.; рук. Ю.В. Ваньков, д.т.н., проф.
(ФГБОУ ВО «КГЭУ», Казань)*

АНАЛИЗ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Проблема повышения эффективности коммунального и промышленного теплообеспечения является весьма актуальной для государства, региональных властей, энергетиков, коммунальных служб, населения [1].

Система теплоснабжения имеет сложную структуру, модель ее представляется в виде множества взаимосвязанных элементов, из-за чего усложняется ее анализ. Для того чтобы исследовать систему теплоснабжения как единый комплекс и одновременно как взаимосвязь множества элементов, выполняющие различные функции и одновременно зависящих друг от друга, целесообразно применять функционально-структурный анализ.

Эксергетический анализ как подсистема функционально-структурного анализа позволяет оценить ценность энергии – ее качественный показатель, который, как правило, не учитывается при определении КПД системы. Данный анализ также позволяет оценить влияние окружающей среды на тепловые процессы, протекающие в системе теплоснабжения. [2,3].

Система теплоснабжения имеет подсистемы, каждая из которых может рассматриваться как отдельная самостоятельная система, однако при этом необходимо помнить, что оптимальные характеристики функциональных подсистем не означают оптимальные характеристики системы в целом.

Исследование системы теплоснабжения с применением функционально-структурного анализа позволяет увидеть звенья системы с наибольшими энергетическими потерями и, как следствие, возможность оптимизации параметров системы для достижения эффекта энергосбережения.

Список литературы

1. **Кузник И.В.** Централизованное теплоснабжение. М.: б.н., 2015, 100 с.
2. **Варфоломеев Ю.М.** Отопление и тепловые сети. М.: Инфра-м, 2014. 480 с
3. **Колосов М.В.** Повышение эффективности систем централизованного теплоснабжения.: дисс. к.т.н. Красноярск, 2011

Мынка Э.Ю., студ., рук. А. Ф. Прищепов, доц. (НИУ «МЭИ»)

«Низкопотенциальные источники теплоты в системе снеготаяния».

В XXI веке, в странах Европы, для обеспечения обогрева площадок, тротуаров, остановок применяются системы снеготаяния. В качестве источника теплоты в системе снеготаяния можно применять тепловые насосы. В качестве низкопотенциального источника тепловой энергии (НПИТ) для испарителей тепловых насосов используют вентиляционный воздух метро, обратную магистраль трубопровода, грунтовые воды и др.

Основной задачей данной работы является анализ низкопотенциальных источников теплоты, а так же расчет необходимой тепловой нагрузки и потерь давления в системе снеготаяния фирмы Уроног на участке на входе в м. Авиамоторная.

В ходе расчета было получено, что для отопления участка площадью 200 м² необходимо поддерживать тепловую нагрузку на систему на уровне 116,8 кВт. Потери давления в системе составили 4,2 м.вод.ст. Кроме того, было получено численное значение энергии, которую можно было бы получать в результате использования НПИТ.

Литература.

1. Теплообменные аппараты и приборы в легкой промышленности, статья на сайте <http://teploobmennye-apparaty.ru>
2. Источники низкопотенциального тепла, статья на сайте <https://www.sgtransport.ru>
3. Альтернативные источники энергии на службу людям, статья на сайте <https://www.vcs-energy.com>

*А.Д. Карандашев, студент; рук. А.В. Волков доц., д.т.н.
(НИУ МЭИ, Москва)*

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНСТРУМЕНТОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

На территории России находится большое количество удаленных от централизованных систем энергоснабжения потребителей тепловой и электрической энергии. Энергоснабжение таких потребителей возможно с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Одним из наиболее перспективных ВИЭ на сегодняшний день является глубинная (петротермальная) тепловая энергия недр, использование которой возможно повсеместно и независимо от географических и климатических факторов.

В последние годы широкое распространение получают инструменты машинного обучения, использующиеся для решения задач прогнозирования различных событий, в том числе для предсказания тепловой и электрической нагрузки энергоисточника, что является особенно актуальным для ВИЭ. При использовании теплоты Земли известен эффект снижения температурного потенциала околоскважинного объема недр, вследствие чего происходит снижение мощности энергоисточника [1]. Гибкое варьирование электрической мощности в режиме реального времени на основе прогнозируемых данных, полученных с использованием машинного обучения позволит повысить длительность эксплуатации энергоисточника за счет снижения скорости становления новых эпюр температур в объеме недр.

Первым этапом разработки основ функционирования петротермального энергоисточника с использованием машинного обучения являлось создание алгоритма оценки энергетической эффективности источника электрической энергии на основе органического цикла Ренкина. Алгоритм создан на языке программирования Python с использованием свободной библиотеки свойств низкокипящих рабочих веществ CoolProp. Было выявлено, что наибольший эксергетический КПД энергоисточника составляет 76,07 %. Разработанный алгоритм позволит предсказывать эффективность работы энергоисточника при его совместном использовании с элементами машинного обучения.

Литература

A.V. Volkov, A.V. Ryzhenkov, A.V. Kurshakov, S.V. Grigoriev and V.V. Bekker. Experimental Study of the Cooldown Process for Near-Wellbore Rocks at Sustained Extraction of Geothermal Energy. International Journal of Applied Engineering Research, V12, N20, pp. 9475-9483, 2017.

*Е.М. Тябут, студ.; рук. А.В. Рыженков, д.т.н.;
(НИУ «МЭИ»)*

ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ «УМНЫХ» ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ СТРОЕНИЙ

Энергосбережение в существующих и новых строящихся зданиях приобрело первостепенное значение во всём мире [1]. Существует два варианта создания «умного» здания – новое строительство и модернизация уже существующего здания в энергоэффективное. В случае нового строительства можно реализовать различные современные технологии, например: использование теплоаккумулирующего материала в ограждающих конструкциях, системы напольного отопления и холодных потолков (капиллярных матов) и др. При модернизации существующего здания использовать многие из перспективных технологий не представляется возможным. Целью данной работы является выявление и оценка термодинамической и экономической эффективности различных энергосберегающих мероприятий на основе существующего 3-х этажного здания площадью 400 м², расположенного на территории г. Москвы.

На основе проведенного анализа результатов исследований ведущих отечественных и зарубежных ученых разработан комплекс мероприятий, который возможно реализовать на базе существующего здания:

- 1) Модернизация ограждающих конструкций здания на примере светоотражающего адаптивного солнечного фасада [2];
- 2) Применение эффективных инженерных систем, способных адаптироваться к текущим окружающим условиям, использование энергосберегающих приборов и устройств;
- 3) Использование возобновляемых источников энергии для частичной или полной замены традиционных систем энергоснабжения [1];
- 4) Использование систем управления на основе машинного обучения и инструментов «слабого» искусственного интеллекта для управления инженерными системами здания.

Реализация перечисленного комплекса мероприятий позволит снизить потребление тепловой энергии до 90%, электрической энергии от централизованной системы электроснабжения до 40%.

Литература

1. **A. Chel, G. Kaushik.** Renewable energy technologies for sustainable development of energy efficient building. *Alexandria Engineering Journal* (2018) 57, 655–669.
2. **D. Powell, I. Hischer, P. Jayathissa, B. Svetozarevic.** A reflective adaptive solar facade for multi-building energy and comfort management. *Energy & Buildings* 177 (2018), 303–315.

А.М. Кошелева, студент; рук-ли: И.А. Султангузин, д.т.н., проф., Ю.В. Яворовский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ SMART СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГРУППЫ ЗДАНИЙ НИУ «МЭИ»

В настоящее время во всем мире наблюдается интенсивное развитие SMART систем энергоснабжения. В системах теплоснабжения также развивается это направление. Такие системы обладают высоким уровнем надежности, низким энергопотреблением и ориентированы на потребителя. Масштаб таких систем в разных проектах также значительно отличается.

В данной работе рассматривается концепция создания SMART района на базе зданий и системы теплоснабжения студенческого городка НИУ «МЭИ». На первом этапе работы определены тепловые нагрузки зданий и потенциал экономии тепловой энергии с учетом режимов работы зданий. Показано, что создание SMART системы целесообразно сочетать с внедрением энергосберегающих решений и увеличением уровня теплозащиты зданий. Так, согласно расчетам, максимальная тепловая нагрузка учебного корпуса М НИУ «МЭИ» составляет 468 кВт. При замене окон и утеплении стен возможно снижение теплопотребления этого здания практически на 50%. Сроки окупаемости различных вариантов, отличающихся характеристиками теплоизоляционных конструкций и остекления, составляют от 10 до 17 лет. С учетом того, что период эксплуатации зданий составляет 50-100 лет, такие сроки окупаемости вполне приемлемы. Анализ структуры системы теплоснабжения зданий студгородка показал, что поскольку подключение к магистральным тепловым сетям осуществляется посредством тепловых пунктов (ТП), к которым подключено от 2 до 5-6 зданий, возможно создание нескольких практически независимых SMART систем теплоснабжения отдельных зданий и групп зданий.

Для теплоснабжения зданий такого района необходимо использовать функционал прогнозирования, благодаря которому система теплоснабжения будет гибко реагировать на присутствие студентов в аудиториях, инсоляцию, использовать дежурное отопление. Такая система будет иметь развитое, многоуровневое автоматическое управление, которое можно рассматривать как «умную» систему.

*П.К. Лентяев, студент; рук. А.В. Волков проф., д.т.н.
(НИУ МЭИ, Москва)*

О «СВЕРХПРОВОДИМЫХ» ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Неотъемлемой частью, наиболее термодинамически выгодной централизованной системы теплоснабжения, являются трубопроводные сети, предназначенные для передачи тепловой энергии от источника к потребителю посредством транспортировки водного теплоносителя.

В настоящее время существует ряд способов, задачей которых является снижение гидравлического сопротивления трубопроводов:

- посредством изменения свойств транспортируемой среды;
- посредством профилирования трубных поверхностей;
- посредством нанесения на трубную поверхность гидрофобных и ультрагидрофобных поверхностей.

В рамках данной работы разработан комплекс мероприятий по созданию «сверхпроводимых» трубопроводных систем. Одним из способов создания таких систем является ввод в поток жидкости малого количества полимерных присадок. Наличие в жидкости полимерных молекул обуславливает появление новых ее свойств (значительное снижение сопротивления трения, уменьшение интенсивности массопереноса) [1].

Также способом создания таких трубопроводных систем является профилирование трубных поверхностей. К этому направлению относятся методы, при реализации которых на внутренних поверхностях трубопроводов создается микрорельеф, в виде различных накаток, насечек, навивок и т.д.

Создание и использование гидрофобных и ультрагидрофобных поверхностей позволяет достигнуть снижения гидравлического сопротивления трубопровода на 40%. Такой эффект достигается благодаря значительному уменьшению площади контакта жидкости с поверхностью и за счет создания на ней ультрагидрофобной структуры, в итоге угол смачивания такой поверхности становится близким к 180° [2]. К технологиям позволяющим создавать такие поверхности относятся: химическое осаждение, формирование слоев мицелл поверхностно-активных веществ (ПАВ), плазменное травление поверхности, послойное осаждение на исходную поверхность, мембранное литье, литография наноотпечатков и др.

Литература

1. **Dongjie Liu, Qinghui Wang, Jinjia Wei** Experimental study on drag reduction performance of mixed polymer and surfactant solutions//Chemical engineering research and design 2018, Vol.72, P.460-469.

2. **Vahid Mortazavi, M.M. Khonsari** On the degradation of superhydrophobic surfaces: A review//Wear 2017, P.145-157.

В.В.Шамаева, студ.; рук.А.Ф.Прищепов, доц. (НИУ МЭИ)
**АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В
РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)**

В силу особенностей природно-географического положения, природно-климатических условий Якутии энергетическая отрасль имеет для нее особое значение.

Общая площадь Якутии составляет 3,1 млн. кв. км. Почти вся континентальная территория представляет собой зону сплошной многовековой мерзлоты. Численность населения составляет 950,7 тыс.чел. Низкая плотность населения определяет децентрализованный способ энергообеспечения значительной части жителей и хозяйственных объектов Якутии [1].

Основой комплекса децентрализованного электроснабжения региона является ОАО «Сахаэнерго», специализирующаяся на малой энергетике. Территория обслуживания ОАО «Сахаэнерго» составляет 2,2 млн. км². Электроснабжение потребителей в зонах децентрализованного энергообеспечения осуществляется от автономных дизельных электростанций (ДЭС).

Энергетическая эффективность комплекса децентрализованного электроснабжения может быть повышена за счет сокращения расхода дизельного топлива, что достигается путем оптимизации необходимых типоразмеров и количества силовых агрегатов ДЭС, реализацией рациональных режимов работы электростанций, замещения части органического топлива ветроэнергетическими установками [2].

Анализ литературных данных показал, что приоритетным направлением социально-экономического развития Якутии является повышение надежности и эффективности комплекса децентрализованного электроснабжения региона. Одним из возобновляемых энергетических ресурсов в регионе, который может найти практическое применение для повышения энергетической эффективности комплекса децентрализованного электроснабжения региона, при существующих на сегодняшний день технологиях возобновляемой энергетики, является энергия ветра.

Литература

1. О Республике Саха (Якутия). Официальный сайт Правительства Республики Саха (Якутия). – [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа – <https://www.sakha.gov.ru/orespublike-saha-yakutiya/o-respublike>.

2. **Парников Н.М.** Оценка энергетической эффективности комплекса децентрализованного электроснабжения Республики Саха (Якутия) // Электроэнергия: от получения и распределения до эффективного использования: Материалы всероссийской научно-технической конференции - Томск, 12-14 мая 2008. - Томск: ТПУ, 2008. - С. 182-184.

*О.Д. Матухнова, Т.А Матухнов, студенты; рук. М.Ю. Юркина, к.т.н.,
доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ПЕРЕВОД ЗОНЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ КВАРТАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ СТАНЦИИ НА РАЙОННУЮ ТЕПЛОВУЮ СТАНЦИЮ.

В условиях современных технологий в сфере теплоснабжения актуальным является вопрос энергоэффективности. Новейшие разработки теплотехнического оборудования позволяют получить наиболее эффективное и надежное теплоснабжение потребителя, которое сопровождается длительным сроком эксплуатации оборудования [1].

В данной работе рассматривается перевод зоны теплоснабжения квартальной тепловой станции с целью сокращения производственных издержек на выработку тепловой энергии.

Расчет произведен на примере отопительной станции, предназначенной для теплоснабжения жилых домов, административных зданий, больниц. Работа заключается в снижении параметров давления в обратном сетевом трубопроводе районной тепловой станции и выводе квартальной тепловой станции в резерв для теплоснабжения объектов здравоохранения в аварийных ситуациях. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Экономические показатели

Показатель	Значение
Сокращение затрат на обслуживание подрядными организациями, руб. в год	441 120
Сокращение затрат на топливо(газ) , руб. в год	234 442,690
Сокращение затрат на электроэнергию, руб. в год	518 488,68
Итого	5 384 991,4

Перевод зоны теплоснабжения квартальной тепловой станции на районную тепловую станцию позволит получить эффективное теплоснабжение, экономический эффект составляет 5,38 млн. руб. в год. Себестоимость выработки тепловой энергии уменьшится на 134 руб./Гкал. [2].

Литература

1. **О.Л. Данилов** Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебник для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. 424 с.;
2. **В.А. Щевьева** Финансирование инновационных проектов и экономическая оценка инвестиций. М.: Издательский дом МЭИ, 2008.

А.И. Бартенов, студ.; И.Д. Калякин, асп.;

рук-ли: И.А. Султангузин, д.т.н., проф., Ю.В. Яворовский, к.т.н., зав.

каф. ПТС (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ГОРОДА МОСКВЫ

В данной работе был проведен анализ топливно-энергетического баланса (ТЭБ) для системы энергоснабжения города Москвы.

Основу ТЭБ города Москвы составляют природные ископаемые виды топлива, из которых наибольшим ресурсом является природный газ – 24,1 млн. т у.т./год. На территории Москвы также находится ОАО «Газпромнефть МНПЗ», где происходит переработка нефти в моторные топлива (бензин, дизельное топливо и др.), большая часть которого поступает в ТЭБ Москвы и сжигается в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) частных автомобилей населения, а также автобусов общественного транспорта и грузовых автомобилей автотранспортных предприятий. Также в ТЭБ Москвы используются в небольшом количестве уголь, биогаз, твердые бытовые отходы (ТБО), главным образом, для сжигания в энергетических установках (паровых и водогрейных котлах).

Самым крупным потребителем конечной энергии является население города – 13,6 млн. т у.т./год. Для энергоснабжения жилых зданий в системе жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) потребляется тепловой энергии 49900 Ткал./год, электроэнергии 12730 ГВтч, природного газа – более 1 млн. т у.т. Большая часть тепловой энергии используется на отопление и горячее водоснабжение жилых зданий. Также крупными потребителями топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) являются секторы сферы услуг и прочих видов экономической деятельности – 6,4 млн. т у.т., включая тепловую энергию 24500 Ткал, электроэнергию 16900 ГВтч. Суммарное потребление конечной энергии в ТЭБ Москвы составляет 28,2 млн. т у.т./год.

Из ТЭБ Москвы видно, что частные автомобили населения, общественный и грузовой транспорт сжигают в ДВС моторные топлива (бензин, дизельное топливо и др.) – 9,4 млн. т у.т. При этом в атмосферу автотранспортом выбрасываются 95% всех вредных выбросов Москвы (СО, NO_x, мелкодисперсная пыль размером до 2,5 мкм), а также огромное количество парниковых газов от автотранспорта, ТЭЦ, котельных и промышленных предприятий (более 65 млн. т в пересчете на СО₂).

Необходимо на основе анализа ТЭБ Москвы наметить стратегические долговременные пути снижения энергопотребления и вредных выбросов на 50% к 2050 году, когда доступные запасы природного газа истощатся.

Секция 37
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ
И ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Руководитель секции: Кулешов Николай Васильевич
Секретарь секции: Славнов Юрий Алексеевич

Ю.Г. Уголькова, студент; А.Г. Картушин, аспирант; рук. С.Е. Смирнов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

Синтез литий-ванадий фосфата

В настоящее время увеличился спрос на пленочные литиевые аккумуляторы, что связано как с тенденцией миниатюризации электронных плат, так и с возросшими требованиями со стороны потребителей энергии. Одной из главных проблем при создании пленочных аккумуляторов является разработка эффективных катодных материалов процессе циклирования и хранения, пожаровзрывоопасность и большие габариты самих источников токов. В настоящее время активно разрабатываются катодные материалы на основе литий-металл фосфатов. Литий-ванадий фосфат считается одним из перспективных кандидатов на роль катодного материала для литий-ионных аккумуляторов высокой мощности, благодаря своей большой теоретической мощности, высокому рабочему потенциалу и хорошей ионной мобильности. В известных из литературы методах синтез литий-металл фосфатов представляет собой многоступенчатый процесс обработки тройных смесей: аммоний дигидрофосфата, оксида металла и соединений лития. Поэтому была предложена следующая модель процесса, включающая в себя две стадии: 1-я - синтез металлфосфата из смеси аммоний дигидрофосфата и оксида металла; 2-я - синтез литий-металл фосфата путем термического литирования полученного на 1-й стадии продукта. На 1-й стадии синтеза смесь $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{V}_2\text{O}_5$ отжигали при температуре 750°C в течение 6 час в муфельной печи. На 2-й стадии к полученному продукту добавляли Li_2CO_3 и подвергали термообработке при температурах 500, 600 и $700-900^\circ\text{C}$ в течение 6-10 часов. Пластическое деформирование прекурсоров под давлением 1.5 ГПа проводили при комнатной температуре на наковальнях из твердого сплава ВК6 с диаметром рабочих поверхностей наковален 15мм; угол поворота наковален составлял 300. Было установлено, что пластическое деформирование прекурсора эффективно действует на второй стадии синтеза: наибольшее количество литий-ванадий фосфата наблюдается в образце, при получении которого пластическое деформирование применяли только перед 2-й стадией термообработки при температуре 750°C . Из работ других авторов известно, что литий-ванадий фосфат образуется при длительном (20-25 часов) многостадийном синтезе при той-же температуре. Таким образом, использование пластического деформирования под высоким давлением в процессе синтеза литий-ванадий фосфата позволяет существенно снизить длительность процесса.

*А.А. Зацепин, А.П. Кильдюшова, студенты; рук. И.А. Пуцылов,
к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)»*

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО КАТОДА ЛИТИЙ – ФТОРУГЛЕРОДНОГО ЭЛЕМЕНТА

Стремительное развитие портативной электроники, военной, медицинской и космической техники стимулирует разработку нового поколения высокоэффективных химических источников тока (ХИТ), которые обладают высокими энергетическими параметрами и ресурсом. В наши дни широкое распространение получили источники тока литий – фторуглеродной системы $(Li/(CF_x)_n)$. Основными преимуществами источников тока $Li/(CF_x)_n$ системы являются надежность, безопасность, хорошая сохранность даже при высоких температурах и, безусловно, высокая удельная энергия. Одной из главных проблем, сдерживающих расширение практического использования $Li/(CF_x)_n$ элементов, является относительно малая мощность ХИТ. В настоящей работе предлагается повысить мощность $Li/(CF_x)_n$ элементов за счет внедрения в их структуру некоторой доли оксида ванадия серебра ($Ag_2V_4O_{11}$), используемого в качестве активного вещества высокомоощных источников тока.

Для изготовления положительного электрода смешивали порошок активного материала, в том числе содержащего функциональную добавку, и технический углерод. Смешение проводили с добавлением некоторой доли этилового спирта. В полученную смесь вносили водную суспензию фторопласта Ф4Д и продолжали перемешивание до коагуляции активной массы. После отделения жидкой фазы проводили сушку сначала при температуре 90 °С в атмосферном сушильном шкафу в течении 1 часа, затем в вакуумном шкафу при той же температуре в течении того же времени. Полученную твердофазную массу пропитывали этиловым спиртом и раскатывали на вальцах. Прессование активной массы к поверхности токоотвода осуществляли на гидравлическом прессе PRD 50 давлением 2,5 тс/см².

Макетирование высокотоквых литиевых ХИТ проводили в трехэлектродной полипропиленовой ячейке. Для моделирования процесса разряда использовали многоканальный потенциостат-гальваностат Elins P-20X8. Разряд проводили в гальваностатическом режиме с плотностями тока 0,5-1,5 мА/см². Установлено, что фторуглеродные электроды, содержащие 20 масс.% $Ag_2V_4O_{11}$ имеют пологую разрядную характеристику. Данные электроды можно рекомендовать к использованию в высокомоощных автономных потребителях, таких как, например, кардиостимуляторы и кардиоверторы-дефибрилляторы.

*П.Д. Иванов, студент; М.В. Негородов, аспирант; рук. И.А. Пуцылов,
к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)»*

РАЗРАБОТКА МЕТОДА СИНТЕЗА АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ВЫСОКОМОЩНЫХ ЛИТИЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В настоящее время в ряде областей науки и техники возникла острая необходимость создания высокомошных миниатюрных химических источников тока. Такие источники тока могут быть широко востребованы в медицинском оборудовании, имплантируемой медицинской технике, а также во всевозможных автономных средствах измерений. В данных устройствах в период съемки, разряда, опроса датчиков и передачи информации, источник тока работает в жестком импульсном режиме. Сегодня для высокомошных импульсных режимов, например, в кардиовертерах-дефибриляторах используются литиевые элементы с катодами на основе $\text{Ag}_2\text{V}_4\text{O}_{11}$. Указанный материал получают в процессе длительного отжига (около 45 часов) при варьировании температуры от 150 до 550 °С и периодическом перемешивании.

В настоящей работе предлагается оригинальный способ получения $\text{Ag}_2\text{V}_4\text{O}_{11}$. Для приготовления ванадата серебра были выбраны азотнокислое серебро и пентаоксид ванадия. Исходные смеси порошкообразных компонентов готовили перемешиванием в ступке. Механоактивацию прекурсоров проводили на аппаратуре высокого давления типа наковален Бриджмена. Обработку осуществляли под давлением от 1 до 2 ГПа при комнатной температуре. Угол поворота наковален составлял 300°. Полученные смеси отжигали при температурах от 385 до 700°С. В процессе исследований использовали: дифференциальный сканирующий калориметр “Q100 TA Instrument”, термовесы “Q500 TA Instrument” и дифрактометр “Empyrean”.

Анализ термограмм смесей $\text{V}_2\text{O}_5 + \text{AgNO}_3$ обработанных на аппаратуре Бриджмена показал, что процесс синтеза $\text{Ag}_2\text{V}_4\text{O}_{11}$ начинается при температуре 385°С. На дифрактограмме смесей, прогретых при 385°С в течение 5 часов, удалось идентифицировать линии кристаллических фаз AgVO_3 и $\text{Ag}_2\text{V}_4\text{O}_{11}$, которые находятся в соотношении ~ 1:1. Увеличение температуры до 500°С позволило увеличить содержание $\text{Ag}_2\text{V}_4\text{O}_{11}$ до 60%. Далее было установлено, что при 600 °С выход искомой фазы составляет 75%, а при 700 °С достигает 90%. Такой же результат достигается в известном методе при отжиге в течение 45 часов. Таким образом, разработана оригинальная методика синтеза с использованием пластического деформирования прекурсора и получены образцы $\text{Ag}_2\text{V}_4\text{O}_{11}$ при существенной экономии времени и энергозатрат.

А.В. Пивченко, асп., рук. Н.Д. Рогалев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ГЕНЕРАТОРЕ ВОДОРОДА

В Волжском филиале МЭИ ведутся работы по разработке генератора водорода на основе гидролиза алюминия [1]. На первом этапе осуществляется математический анализ для идеальных моделей: реакторов идеального смешивания периодического действия и непрерывного действия. Математическая формализация процесса в реакторе периодического действия осуществлена в приложении «Matchad». Процесс разбивается на N элементарных актов, каждый из которых протекает в течение дискретного промежутка времени Δt при постоянных температуре и концентрации реагентов. По истечении этого времени температура и концентрация принимают новые значения, и просчитывается следующий элементарный акт. Результаты расчета представляют собой матрицу $m_{i,j}$, где i – порядковый номер элементарного фрагмента времени, j – условный номер, означающий концентрацию, температуру, площадь контакта фаз и т.д. (всего 15 величин). Результаты расчетов представляются графически [2].

Процесс в реакторе идеального смешивания непрерывного действия рассматривается как изотермический. Постулируется, что время пребывания частиц в реакторе подчиняется закону, близкому к закону нормального распределения. Скорость растворения частицы есть функция температуры и концентрации. Для реактора идеального смешивания концентрация щелочи в любой точке, в том числе на выходе из реактора одинакова. Эта концентрация влияет на линейную скорость растворения алюминия, задает время полного растворения частицы, определяет вероятность того, подвергнется ли частица растворению в полной мере, или покинет реактор недорастворенной. Значение этой концентрации в начале расчета неизвестно, выразить ее в явном виде крайне затруднительно. Поэтому расчет выполняется методом последовательных приближений. Задавшись концентрацией щелочи в реакторе, определяют концентрацию щелочи на выходе из реактора. Расчет выполняется в виде цикла, пока значения концентраций внутри реактора и на выходе сравняются. Одновременно будут выполнены условия материальных балансов для щелочи и алюминия. Математическая модель, описанная выше, так же реализована в приложении «MathCAD».

Литература

1. Пивченко А.В., Шевцова С.Б., Терентьев Г.Ф. К вопросу создания эффективного экологичного водородного генератора // «Ресурсоэнергосбережение и эколого-энергетическая безопасность промышленных городов». Межрег. конф. г. Волжский, 2017 г.
2. Пивченко А.В., Шевцова С.Б., Терентьев Г.Ф. Моделирование теплофизических процессов, протекающих в водородном генераторе // Наукоемкие инновационные технологии и экологическая безопасность в энергетике: Междунар. научно – практ. конф. г. Волжский, 2018.

Д.А. Никонов, студ.; Д.Д.Голдобин, студ.; С.Н.Петин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА НА ОБЪЕКТАХ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Перспективной альтернативой традиционных видов топлива на автотранспорте и энергетике является водород. Его мировое потребление в ближайшее столетие может возрасти с 50 до 800 млн. т. [1]. Водород – экологически чистый энергоноситель, который можно производить в условиях децентрализованного энергоснабжения. Производство водорода из природного газа составляет 85%, от нефтепереработки – 7%, 4% – путем газификации угля и 4% – электролизом воды [2].

Получение водорода электролизом воды может быть перспективно на объектах малой энергетики, работа которых целесообразна при номинальном режиме. В работе рассматривается мини-ТЭЦ с установленной мощностью 8600 кВт, где 1280 кВт – это собственные нужды. При загруженности станции на 50% производство водорода составит 5,256 млн. м³/год, а при 100% производство водорода составит 10,512 млн. м³/год. Потенциальные возможности станции смогут обеспечить около 5700 автомобилей.

На данный момент автомобильные двигатели на водородном топливе используют такие бренды как: Toyota, BMW, Hyundai и др. В России на данный момент нет водородных автозаправочных станций, когда в Японии к 2020 планируется 40000 водородных автозаправочных станций.

В работе предлагается идея строительства водородной автозаправочной станции в Москве на базе мини-ТЭЦ. Стоимость водорода принимается равной стоимости бензина по энергетическому эквиваленту и составляет 15 руб./м³. Потенциальная выручка от реализации водорода может составить 156,3 млн. руб., а капитальные затраты, определенные на основе [3] около 346,32 млн. руб. Помимо экономической составляющей, можно значительно снизить выбросы углекислого газа в окружающую среду, тем самым решив одну из самых актуальных проблем на сегодняшний день.

Литература

1. **Петин С.Н.** Разработка способа производства водорода на паротурбинной тепловой электростанции методом пароводяной конверсии природного газа / С.Н. Петин, Д.Д. Голдобин, А.В. Бурмакина – Издательский дом МЭИ, 2018
2. **Радченко Р.В.** Водород в энергетике: учеб. пособие / Р.В. Радченко, А.С. Мокрушин, В.В. Тюльпа – Екатеринбург : Изд-во Урал. Ун-та, 2015 – с 24.
3. **Синяк Ю.В.**, Прогнозные оценки стоимости водорода в условиях его централизованного производства/ Ю.В. Синяк, В.Ю. Петров // Проблемы прогнозирования. – 2008. – №3. С. 35-47.

Д.Д. Голдобин, студ.; С.Н. Петин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ПРОИЗВОДСТВО ВОДОРОДА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА
ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ**

Базирование экологически чистой водородной энергетики на действующих способах производства водорода невозможно, так как затраты на производство водорода действующими способами превосходят энергию получаемого водорода, поэтому производство водорода на основании действующей инфраструктуры энергоснабжения представляет собой чистую потерю энергии [1]. Перспективными концепциями производства водорода являются атомноводородная энергетика и возобновляемые источники энергии [1,2]. Дополнительно к указанным концепциям предлагается разработка способов водорода при использовании вторичных энергетических ресурсов действующих производств, в частности тепловых электрических станций.

В работе на базе паротурбинной электрической станции планируется организация производства водорода методом паровой конверсии природного газа при использовании тепла промышленных и теплофикационных отборов.

Производство электрической энергии в Москве на тепловых электрических станциях составляет около 1585 МВт·ч в год. Производство водорода при использовании производственных и теплофикационных отборов в периоды отсутствия тепловой нагрузки теплофикационных турбин позволит уменьшить удельный расход топлива на производство водорода в среднем за год, примерно, на 7%. Оценка производства водорода на ТЭС в рамках Москвы позволит получать 40,96 млн. куб. м. водорода, при использовании природного газа в количестве 16,4 млрд. куб.м. (0,4 куб.м.ПГ/куб.м. Н₂), что говорит, что комбинированная выработка дает экономию природного газа от 1,76 – 4,72%, что показывает перспективность выработки Н₂ на электростанции за счет повышения эффективности работы паровых турбин. Полученного водорода хватит, чтобы заменить все традиционные на водородные автомобили в Москве.

На основании данной работы появляется возможность расширения как внутреннего, так и внешнего рынка водорода, что связано с эффективностью его производства на тепловых электростанциях.

Литература

1. **Полякова Т.В.** Состояние и перспективы водородной энергетики в России и в мире [Электронный ресурс]. // Режим доступа: https://mgimo.ru/files/120132/polyakova_vodorod.pdf (дата обращения 30.11.2017).
2. **Водород в энергетике:** учеб. Пособие/ Р.В. Радченко, А.С. Мокрушин, В.В. Тюльпа. - Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2014. -229 с.

*Г.М. Сударев, студент; рук-ли М.А. Осина, к.х.н., доц. (НИУ «МЭИ»);
В.А. Богдановская, д.х.н., в.н.с. (ИФХЭ РАН)*

АНАЛИЗ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА ВОДОРОДО- ВОЗДУШНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА С ДВУХКОМПОНЕНТНЫМ КАТОДОМ НА ОСНОВЕ Pt

Для эффективной и продолжительной работы водородо-воздушного топливного элемента необходимо создавать недорогие, активные, стабильные катодные катализаторы [1]. В качестве таких катализаторов можно рассматривать биметаллические системы состава PtM, где M – переходные металлы (Fe, Ni, Co, Cr и др.), стабильность и активность которых повышается за счёт образования структуры ядро-оболочка.

Во время работы топливного элемента возникают потери напряжения, которые можно разделить на три группы [1], расчётные соотношения для которых представлены в табл.:

- омические потери: обусловлены сопротивлением активных слоёв (АС) и твёрдого полимерного электролита;
- электрохимические потери: обусловлены кинетикой реакции, вносят наибольший вклад в суммарные поляризационные потери;
- транспортные потери: обусловлены подводом топлива и окислителя к поверхности АС.

Таблица

Расчётные соотношения составляющих поляризационных потерь

Вид потерь, ед. изм.	Расчётные соотношения
Омические потери, В	$\eta_{\text{ом}} = i_{\text{эксп}} \cdot S_{\text{АС}} \cdot R_{\text{ом}}^{\text{ВЧ}} ; R_{\text{ом}}^{\text{ВЧ}} = 5.2 \text{МОм}$
Электрохимические потери, В	$\eta_{\text{э-х}} = (b/2.3) \cdot \ln(i_{\text{эксп}}/i_0)$
Транспортные потери, В	$\eta_{\text{тр}} = \Delta U - \eta_{\text{ом}} - \eta_{\text{а}} ; \Delta U = E_{\text{равн}} - U_{\text{эксп}}$

где $i_{\text{эксп}}$ – экспериментальное значение плотности тока, А/см²; $S_{\text{АС}}$ – площадь АС, см²; $R_{\text{ом}}^{\text{ВЧ}}$ – омическое сопротивление, определённое методом спектроскопии электрохимического импеданса на высоких частотах, Ом; b – коэффициент наклона тафелевской зависимости, В; i_0 – ток обмена, А/см²_{АС}; ΔU – общее перенапряжение реакции, В; $E_{\text{равн}}$ – равновесный потенциал, В; $U_{\text{эксп}}$ – экспериментальное значение напряжения, В.

Литература

1. Тарасевич М.Р., Корчагин О.В. Экспресс-диагностика характеристик и стабильности топливных элементов с протонпроводящим электролитом // ЭЛЕКТРОХИМИЯ. 2014. Т. 50. № 8.

*А.И. Сажнёв, аспирант; Ю.Г. Уголькова, студент;
рук. С.Е. Смирнов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

Преимущества и недостатки аккумуляторов литий-титанат оксид.

Стремление человечества к компактным высоко-мощным и -точным устройствам привело к необходимости создания небольших аккумуляторов, литиевых. Первым аккумулятором на основе лития стал аккумулятор фирмы Sony в 1991 году. Со временем появилось множество аккумуляторов разных электрохимических систем имеющих как преимущества, так и недостатки. Аккумуляторы на основе литий-титанат оксидной (LTO) системы являются относительно новыми, выпускаются в массовом производстве с 2008 года. LTO аккумуляторы хорошо зарекомендовали себя по ряду показателей: ресурс циклирования, свыше 10000 циклов при номинальных токах; высокие токи заряда и разряда, до 100С; безопасность, аккумуляторы данной системы взрывобезопасны к перезаряду, деформации, проколу; работают при минусовой температуре, до -40°C . Главный недостаток LTO - удельная энергия. Аккумуляторы этой системы бывают двух типов, емкостные и мощностные. У емкостных удельная энергия может достигать 100 кВтч/кг, однако из-за этого значительно снижаются токи заряда и разряда, до 10С. У мощностных аккумуляторов токи заряда и разряда достигают 100С, но удельная энергия около 40 кВтч/кг. Аккумуляторы системы LTO больше подходят для стационарного использования или для электротранспорта, не воздушного. Для испытаний был выбран аккумулятор цилиндрической формы типоразмера 18650 фирмы PHET со следующими характеристиками: среднее рабочее напряжение составляет 1,8 В, ёмкость 1,1А. Литий-титанат оксид является анодом в данной системе, а литий-железофосфат выступает в качестве катода. Эксперимент проводился в климатической камере при температуре -25°C , ток заряда составлял 3С, а ток разряда 7 С. После проведения десять полных циклов температуру в климатической камере поднимали до 25°C . Через час после поднятия температуры аккумулятор тестировался пять циклов начиная с разряда. Данные операции необходимы для наглядной деградации аккумулятора.

После 100 циклов потери по ёмкости составляли около 0,5% от номинальной. Можно сделать вывод, что при данном режиме работы потери аккумулятора на 1000 цикле составят не более 5-7%. Эксперимент доказал, что литий-титанат оксидные аккумуляторы способны работать при низких температурах не только на разряд, но и на заряд.

Секция 38

ЭКОНОМИКА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Руководитель секции: Курдюкова Галина Николаевна

Секретарь секции: Амелина Анна Юрьевна

М.В. Кахальников, студ.; рук. Е.В. Сухарева, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ВЛИЯНИЕ МЕТОДА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАТРАТ ПРИ
 ФОРМИРОВАНИИ СЕБЕСТОИМОСТИ ЭНЕРГИИ НА
 ПРИМЕРЕ ООО «ТВЕРСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ»**

Основной систем теплофикации являются теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), осуществляющие одновременное производство тепловой и электрической энергии для нужд населения и промышленности. Несмотря на технологические преимущества ТЭЦ, обеспечивающие значительную экономию топлива, при переходе к рыночной экономике положение их в российской энергетике значительно ухудшилось.

Производственный процесс ТЭЦ представляет собой одновременное комбинированное производство тепловой и электрической энергии за счет сжигания органического топлива. Для ТЭЦ возникает задача выбора наиболее эффективного метода распределения затрат между двумя энергетическими продуктами, позволяющего ей в течение года, с одной стороны, успешно конкурировать с КЭС, а с другой — обеспечивать себестоимость производства тепловой энергии не выше установленного предельного тарифа. Разработано множество методов распределения затрат, отличающихся различными подходами к определению «принадлежности» выгоды от комбинированной выработки [1].

В работе проведено исследование влияния методов распределения затрат при формировании себестоимости тепловой и электрической энергии на примере ТЭЦ-3 ООО «Тверская генерация». В таблице 1 представлены значения себестоимости энергии для различных методов.

Таблица 1. Результаты расчетов.

Метод распределения затрат	Себестоимость	
	э. э., руб./кВтч	т. э., руб./ГДж
Физический	1,461	220,3
Электрических эквивалентов	0,984	295,3
Эксергетический	1,373	239,4
Энергетический	2,164	114,2

В ходе проведенного исследования можно рекомендовать к использованию на ТЭЦ-3 ООО «Тверская генерация» эксергетического метода распределения затрат.

Как показало проведенное исследование, выбор метода распределения затрат между двумя энергетическими продуктами оказывает существенное влияние не только на себестоимость, но и на эффективность ТЭЦ в условиях работы электростанции на конкурентном рынке электроэнергии.

Литература

1. Сухарева Е.В. Методы распределения затрат при формировании себестоимости энергии на ТЭЦ. Транспортное дело России, 2015 №2, с.43-45.

А.С. Егорова студ.; рук.: Е.В. Сухарева к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА
КОТЕЛЬНОЙ ЛЕРМОНТОВА-200 Г. ЯКУТСК**

Важнейшей задачей развития энергетики страны является повышение экономической эффективности тепловой энергетики. Анализ технико-экономических показателей котельной показал, что основное и вспомогательное оборудование котельной выработало свой нормативный ресурс, техническое состояние можно оценивать как неудовлетворительное, хотя и предприятие поддерживает его в рабочем состоянии. Котельная не имеет резервного топлива и, в случае возникновения проблем с поставкой газа, все потребители останутся без тепла. Таким образом, уже в текущем состоянии котельная требует проведения работ по модернизации основного и вспомогательного оборудования.

Цель данного проекта – оценить является ли строительство котельной «Лермонтова 200» экономически эффективным.

В основе проекта лежит строительство котельной «Лермонтова 200» с увеличением мощности до 65МВт в целях подключения застраиваемых кварталов 93 и 94.

Строительство объекта будет проводится в три этапа. Первый этап – строительство машинного зала, с размещением в нем 3 котлоагрегатов мощностью 13 МВт; второй этап – установка 2 котлоагрегатов, мощностью по 13 МВт; третий этап – ежегодное строительство магистральных и внутриквартальных тепловых сетей для подключения новых потребителей.

Предполагаемые результаты: увеличение объема реализации тепловой энергии за счет подключения новых потребителей; закрытие маломощных котельных путем реконструкции или строительства квартальных котельных; сокращение затрат на ремонтные и эксплуатационные нужды тепломеханического оборудования; снижение аварийности котлов; повышение энергоэффективности объекта за счет увеличения КПД котлоагрегатов; снижение затрат на энергоресурсы за счет увеличения КПД котлов; модернизация оборудования за счет ввода в эксплуатацию современных котлоагрегатов и вывода из эксплуатации устаревшего оборудования; повышение надежности теплоснабжения за счет замены выработавшего свой ресурс оборудования и тепловых сетей на новые; увеличение резерва мощности объектов теплоснабжения;

На основе полученных данных были сделаны выводы о целесообразности строительства котельной «Лермонтова 200», т.к. проект рентабельный, экономический эффект достигается за счет подключения новых потребителей. Наиболее перспективным решением является строительство котельной «Лермонтова 200». В настоящее время ведутся строительные работы (до 2022 г.).

А. А. Соболев, студент; рук. В. А. Щевьева, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)
**МОДЕЛИ РЫНКОВ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В РАЗНЫХ
СТРАНАХ**

Данное исследование заключается в сравнении моделей рынка тепловой энергии разных стран со схожими климатическими условиями с целью выявления возможностей использования зарубежного опыта.

В разных странах преобладает одна из форм. В России создана крупнейшая в мире система централизованного теплоснабжения (СЦТ), обладающая самым большим объемом производства и оборотам рынка тепловой энергии. Но по причине неэффективного подхода к ценообразованию, производитель работает в убыток, несмотря на помощь государства. Уровень используемых технологий и оборудования низкий, показатель аварийности и изношенности высокий. Отключение потребителя от СЦТ условно (требуется согласие жильцов через суд). В Китае уровень технологий выше, однако нет возможности подключения к автономным источникам. Дания – пример неконкурентного, ориентированного на потребителя рынка тепловой энергии. Принцип нулевой доходности производителей в условиях естественной монополии при формировании цен защищает потребителей от злоупотреблений поставщиков, позволяя сдерживать уровень цен. Финляндия, США и Канада являются примером конкурентного, ориентированного на потребителя, растущего рынка тепловой энергии, развитие систем централизованного теплоснабжения осуществляется в условиях отсутствия масштабной господдержки. США проводят поддержку строительства новых ТЭЦ и развитие СЦТ. В Канаде государство выступает в качестве собственника тепловых сетей и источников теплоснабжения, и ограничивает негативные последствия монопольного положения теплоснабжающих организаций.

Таким образом, выявлены две конкурирующие формы организации теплоснабжения: централизованная и автономная. СЦТ – теплоснабжение одного здания или группы, при помощи одного источника тепловой энергии (ТЭ). Она широко используется в городах и промышленных секторах. Преимущества: вывод взрывоопасного оборудования из жилых помещений, точечная концентрация выбросов, возможность работы на любом топливе и высокий тепловой КПД (~86% на угле). Недостатки: тариф рег. у-лируется государством, завышенная стоимость тепла, невозможность потребителя отключать/подключать отопление. Автономная форма – это индивидуальные источники теплоснабжения, независимые от государственного тарифа. Преимущество - возможность потребления необходимого объема тепла. Недостатки: взрывоопасность и выбросы около жилых секторов, отсутствие определенного собственника, отсутствие начисления амортизации и длительной срок сбора средств на ремонт.

Г.С. Игнатьева, студ.;рук.:А.Ю. Амелина,к.э.н., доц. (НИУ "МЭИ")
**МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
 ПРЕДПРИЯТИЯ**

Конкурентоспособность компании напрямую зависит от уровня гибкости ее экономического поведения и степени монополизации рынка. Поэтому оценка конкурентоспособности должна учитывать уровень концентрации рынка и уровень монопольной силы. Однако в настоящее время остается открытым вопрос о разработке способа оценки уровня монопольной силы на основе данных, находящихся в свободном доступе для предприятия.

Данное исследование заключается в разработке метода оценки конкурентоспособности генерирующей компании электроэнергетической отрасли в рамках конкретного региона (ОЭС Юга) с учетом степени монопольного влияния фирмы. Для анализа рыночной концентрации на электроэнергетическом рынке в пределах ОЭС Юга был использован индекс Херфиндаля-Хиршмана, который определяется как сумма квадратов долей всех фирм, действующих на рынке (рис 1).

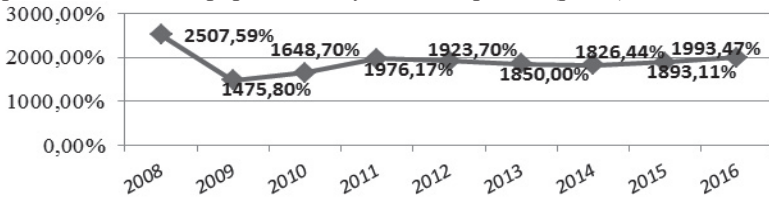


Рис 1. Изменение уровня концентрации на рынке э/э ОЭС Юга

Разрабатываемая модель оценки конкурентоспособности предприятия основана на графическом методе посредством построения графика-радара. Согласно данному методу, уровень конкурентоспособности определяется площадью многоугольника, построенного на основе установленных критериев:

$$S = |\sum_{i=1}^n (X_i + X_{i+1})(Y_i - Y_{i+1})|, \quad (1)$$

где $i = 1, 2, \dots, n$ – последовательность координат соседних друг другу вершин многоугольника без самопересечений; X_i, Y_i – соответствующие координаты вершины [1]. Предложенный метод дает возможность выявить сильные и слабые стороны предприятия, а также возможность провести сравнительную оценку уровня конкурентоспособности с другими предприятиями отрасли.

Литература

1. **Шитов В.Н., Цымбалист О.Ф.** Комплексный подход к анализу конкурентоспособности предприятия // Экономический анализ: теория и практика. 2014. Т. 13.

Т.В. Носова, студ.; рук.: В.В. Бологова к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВАРИАНТА
 ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НОВОГО ЖИЛОГО РАЙОНА**

Теплоснабжение является крупной отраслью народного хозяйства. В условиях ограниченных топливных ресурсов рациональное и экономичное расходование их представляет задачу большой государственной важности. Значительная роль в решении этой задачи отводится централизованному теплоснабжению, которое базируется на использовании крупных районных котельных, характеризующихся значительно большими КПД, чем мелкие отопительные установки. Теплофикация, т.е. централизованное теплоснабжение на базе комбинированной выработки тепла и электроэнергии, является высшей формой централизованного теплоснабжения. Она позволяет сократить расход топлива на 20-25% [1].

В работе был проведен анализ качества теплоснабжения для района Солнцево Парк. Были собраны данные по наличию и степени обеспеченности тепловой энергией потребителей района, наличию источников энергоснабжения и их мощности, данные по прогнозам развития района и изменению нагрузки на системы теплоснабжения, проведено сравнение и выбор альтернативных вариантов теплоснабжения и обоснование строительства районной котельной внутри района теплоснабжения. Ниже представлены результаты расчета для двух вариантов энергоснабжения:

1. Теплоснабжение от ТЭЦ, расположенной в ближайшем районе.
2. Теплоснабжение от районной котельной.

Проведя расчеты, был выбран второй вариант – теплоснабжение от районной котельной, т.к. суммарные дисконтированные затраты в этом варианте меньше (табл. 1).

Таблица 1. Суммарные дисконтированные затраты

Вариант теплоснабжения	ΣZ_d , млн руб.
Теплоснабжение от ТЭЦ, расположенной в ближайшем районе	494,1
Теплоснабжение от районной котельной	433,85

Также для второго варианта были рассчитаны значения индекса доходности (1,25), внутренней нормы доходности (15,7%), дисконтированного срока окупаемости (13 лет).

По результатам работы были сделаны выводы об экономической эффективности выбранного варианта теплоснабжения.

Литература

1. Н.Д. Роголёв, А.Г. Зубкова, И.В. Мастерова и др.; Экономика Энергетики; под ред. Н.Д. Роголёва. М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 320 с.

А. А. Позднякова, студ., В. В. Бологова, доц. (НИУ «МЭИ»)
**ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
СТРОИТЕЛЬСТВА СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В
УДАЛЕННОМ РАЙОНЕ**

В настоящее время строительство солнечной электростанции (СЭС) является актуальным и перспективным направлением в энергетике, т.к. электростанции способны перерабатывать солнечную энергию с минимальными затратами на работу. Наиболее перспективные районы для использования солнечной энергии Астраханская область, Краснодарский и Ставропольский край, Ростовская область и другие районы на юго-востоке России. СЭС не загрязняют окружающую среду, т.к. не производят вредных отходов во время активной фазы использования и являются возобновляемым источником энергии [1].

В ходе работы для потребителей Володарского района Астраханской области был проведён анализ качества и надежности электроснабжения в настоящее время и на перспективу, рассмотрены возможные альтернативные варианты генерации электроэнергии, в т.ч. и СЭС, рассчитаны основные технико-экономические показатели и интегральные критерии оценки экономической эффективности всех вариантов. В работе были приняты и определены условия предоставления «зелёного тарифа» с учётом мощности и региона, которые прописаны в постановлении правительства РФ, исходя из анализа розничного рынка, а также обоснован тариф на электроэнергию, вырабатываемую на СЭС [3]. Автор собрал исходные данные, лично провел их анализ и выявил изменение значений.

В результате проведенных расчетов было установлено, что наиболее экономически эффективным вариантом электроснабжения будет строительство СЭС. Дисконтированный срок окупаемости составляет 16 лет, чистый дисконтированный доход (17,4 млн руб.), внутренняя норма доходности (18%).

Условия реализации данного проекта были определены в соответствии с действующим законодательством в области энергетики [2].

Литература

- 1. Н.Д. Роголёв, А.Г. Зубкова, И.В. Мастерова и др.;** Экономика Энергетики; под ред. Н.Д. Роголёва. М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 320 с.
- 2. Нормативно-правовая база** [Электронный ресурс]. Режим доступа : <https://minenergo.gov.ru>.
- 3. Постановление Правительства** «Правила определения цены на мощность генерирующих объектов, функционирующих на основе возобновляемых источников» [Электронный ресурс]. Режим доступа : nscf.ru

Я. В. Серый, студ.; рук.: В. В. Бологова, доц. (НИУ «МЭИ»)
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ

АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПУСКА НА РАБОТУ АЭС

В настоящее время модернизация автоматизированных систем управления на базе программно-технических комплексов (ПТК) с целью обеспечения надежной эксплуатации электростанций существенно влияет на эффективность их работы. Это связано с тем, что для морально и технически устаревшего энергооборудования более чем в 50% случаев предусматривается не вывод этого оборудования из работы, а продление его ресурса. Несмотря на то, что объем внедрения ПТК довольно велик, в литературе крайне мало информации по оценке экономической эффективности АСУТП на АЭС, а внедрение алгоритма автоматизированного пуска и вовсе отсутствует [1].

Анализ литературных источников показал, что на сегодняшний день вопросы оценки экономической эффективности разработки и внедрения АСУ ТП более разработаны для ТЭС [2]. Автор рассмотрел особенности использования ПТК для АЭС и предложил методику оценки экономической эффективности модернизации АСУ ТП, в основе которой лежит качество управления технологическими процессами. На рис. 1 приведены результаты проведенной оценки влияния автоматизированного пуска на повышение надежности работы АЭС.

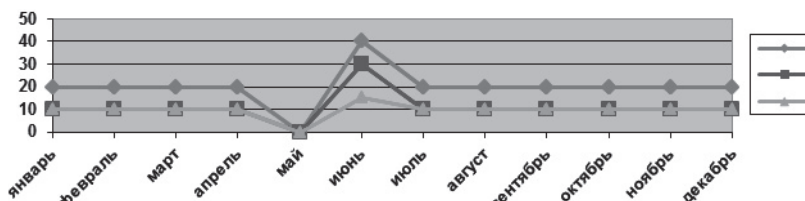


Рис. 1. Количество срабатывания АЗ-ПЗ: График 1 – до модернизации; График 2 – после модернизации; График 3 – после модернизации с использованием системы автоматизированного пуска.

В результате модернизация и автоматизированный пуск поможет сильно снизить количество штрафных санкций.

Литература

- 1. Корецкий А.С., Ринкус Э.К., Остер-Миллер Ю.Р.** и др. Эффективность АСУ теплоэнергетическими процессами. Под ред. Корецкого А.С. и Ринкуса Э.К. М.: Энергоатомиздат, 1984.
- 2. Аслаяня А.Ш., Аракелян Э.К., Панько М.А.** К оценке технико-экономической эффективности разработки и внедрения АСУ ТП ТЭС, реализованных на базе программно-технических комплексов кокса // Вестник МЭИ. – 2009. - №1. – С. 99-105.

Д.В. Бридня, студ.; рук. Е.В. Сухарева к.э.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)
**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЭЦ В
УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

В настоящее время экономические системы переживают новый этап трансформации, связанный с ростом инноваций и глобальной информатизации общества. Данный переход называется цифровизацией – переход к цифровой экономике, инфраструктурной надстройкой над реальным сектором экономики, позволяющей упростить взаимодействие участников производственного процесса..

Для того чтобы цифровая энергетика вошла в единую цифровую среду [1], в которой субъекты обмениваются информацией и данными для более продуктивного производственного процесса необходимо разработать процесс цифровизации для энергетики. Большинство процессов цифровизации представляют собой кардинально новые решения, основанные на инновационных технологиях, что, несомненно, является очень затратным процессом. Целью проведения исследования в области цифровой экономики и энергетике является разработка способа повышения эффективности деятельности ТЭЦ в условиях цифровой энергетике. Тем временем по всей стране успешно функционируют станции, способные повысить свою продуктивность, за счет цифровизации.

Для использования ресурса еще не отработанных агрегатов станций было принято решение ввести процесс цифровизации через модернизацию существующего оборудования для освоения выделенных квот и экономии ресурсов. Алгоритм состоит из трех основных вех:

Формирование исходных данных по состоянию ТЭЦ, готовность к модернизации: Определение состава оборудования, анализ энергетических показателей работы оборудования на базе энергетических характеристик. Оценка износа оборудования.

Определение необходимости модернизации путем внедрения цифровых систем передачи данных: Оценка производительности, выявление недостатков в существующих показателях энергетических характеристик;

Расчет экономической эффективности на основе изменённых энергетических характеристик. С помощью данного алгоритма будет возможно просчитать на сколько возможно повысить экономическую эффективность ТЭЦ на основе современного подхода цифровизации.

Литература

1. Программа “Цифровая Экономика РФ” представлена Президенту 5 июля 2017 года: комментарии и оценки аналитиков РАЭК, электронный ресурс - <http://raec.ru/live/position/9547/>

К.Д. Маланчева, студ.; рук. Е.В. Сухарева, к.э.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬ ТЭЦ И СПОСОБЫ ЕЕ
ПОВЫШЕНИЯ**

Любая деятельность, связанная с безопасностью, связана с неопределенностью и риском. Неопределенность обусловлена непостоянством организационно-экономической системы, ограниченностью ресурсов и слабой возможностью прогнозирования будущего.

В таких условиях любой субъект стремится к минимизации рисков и их возможному предупреждению путем использования превентивных мер. Исходя из предыдущих исследований, можно охарактеризовать безопасность следующим образом: наличие данной проблемы постоянно, она динамична, уникальна для каждого субъекта, невозможность состояния абсолютной безопасности.

Существует большое количество трактовок понятия энергобезопасности. За основу принято определение, существующее в Доктрине энергетической безопасности России, в которой энергобезопасность понимается как часть национальной безопасности страны, зависящая от энергетического фактора, обеспечение количества, качества и конструктивности энергосбережения потребителей[1].

Вопросами энергобезопасности занимались В.И.Денисова, А.И.Кузовкин, В.В.Шерemet и др.

Стороны регулирования электроэнергетической отрасли, ее развития и устойчивости затрагивались в работах Л. С. Беляева, П. П. Петрова, В. И. Эдельмана и др.

Специфика данного исследования заключается в разработке способов повышения энергобезопасности теплоэлектроцентрали и построение системы энергетической безопасности теплоэлектроцентрали РФ, позволяющей сократить количество влияющих на нее рисков и угроз.

Литература

1. **Приказ Минэнерго России** от 26.05.2016 N 450 (ред. от 24.04.2017) "Об утверждении плана деятельности Министерства энергетики Российской Федерации на период 2016 - 2021 годов".

Направление
ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА
И ТЕПЛОФИЗИКА

Научный руководитель направления —
директор ИТАЭ, д.т.н., профессор,
член-корр. РАН А.В. Дедов

Секция 39
АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ
И УСТАНОВКИ

Руководитель секции: Аникеев Александр Викторович
Секретарь секции: Хасанов Ренат Хамидович

*Д.С. Башмаков, А.А. Телегина, студенты; рук. В.М. Зорин, д.т.н., проф.
(НИУ МЭИ, Москва)*

АЛГОРИТМ ПОВЕРОЧНЫХ РАСЧЕТОВ ВВЭР СКДИ

Одной из особенностей ВВЭР СКДИ (водо-водяной энергетический реактор со сверхкритическим давлением теплоносителя и интегральной компоновкой оборудования первого контура) [1] является поддержание постоянной мощности реактора в течение кампании топлива не за счет начального запаса реактивности, а изменением спектра нейтронов от быстро-резонансного в начале кампании до теплового – в конце (спектральное регулирование мощности).

Для подтверждения возможности такого регулирования посредством изменения только одного параметра рабочего тела второго контура (энтальпии питательной воды $h_{пв}$ – заданное значение в каждой серии расчетов) разработан алгоритм поверочных расчетов. В него входят:

1. Программа расчета тепловой схемы паротурбинной установки. При неизменной мощности Q_0 , подводимой к паротурбинной установке, определяется расход пара на турбину по формуле (1)

$$D_0 = Q_0 / (h_{п} - h_{пв}), \quad (1)$$

где $h_{п}$ – заданный и итерационно уточняемый параметр, зависящий от температуры t_0 и давления p_0 .

Расчетом тепловой схемы паротурбинной установки определяется электрическая мощность и электрический КПД энергоблока.

2. Поверочный расчет парогенератора. При известных на входе и выходе параметрах рабочего тела ($h_{п}$ и $h_{пв}$) и заданной энтальпии теплоносителя на выходе из парогенератора $h_1^{в\text{ых}}$ (определяется по $t_1^{в\text{ых}}$ и $p_1^{в\text{ых}}$) рассчитываются энтальпии теплоносителя и рабочего тела на входе $h_1^{в\text{х}}$ и $h_{пр}$. Изменяя $h_1^{в\text{ых}}$, по известной мощности реактора Q_p (отличается от Q_0 тепловыми потерями в паропроводе, задаваемыми КПД паропровода) определяется расход теплоносителя по формуле (2)

$$G_1 = Q_p / (h_1^{в\text{х}} - h_1^{в\text{ых}}). \quad (2)$$

Расчет повторяется до совпадения расчетного значения энтальпии пара $h_{пр}$ с заданным $h_{п}$.

3. Расчет контура естественной циркуляции. С его помощью находится расчетное значение расхода $G_{1р}$. Совпадение значений G_1 и $G_{1р}$ является условием окончания расчета с заданным значением $h_{пв}$. При несовпадении задается новое значение $h_{п}$ и весь расчет повторяется.

Литература

1. Силян В.А. Двухконтурный вариант ВВЭР-СКДИ с одноходовой активной зоной со спектральным регулированием // Росэнергоатом. 2009. №9. С. 10 – 13.

А.Ш. Исхаков, асп.; рук. В.И. Мелихов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРОВЫХ ВЗРЫВОВ В СИСТЕМЕ
 СВИНЦОВЫЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЬ-ПАРОВОДОЯНАЯ СМЕСЬ**

Одним из возможных последствий разрыва труб парогенератора (ПГ) реакторной установки (РУ) со свинцовым теплоносителем является формирование многофазной смеси капли воды внутри паровых пузырей в свинце [1], в которой может возникнуть энергетическое взаимодействие «теплоноситель-теплоноситель» (CCI – Coolant-Coolant Interaction), являющееся аналогом классического парового взрыва в системе «топливо-охладитель» (FCI – Fuel-Coolant Interaction) [2].

В работе приводятся результаты численного моделирования CCI в системе свинцовый теплоноситель-пароводяная смесь применительно к аварийному режиму с разрывом труб ПГ РУ со свинцовым теплоносителем. Код VAPEX-D [3] был модифицирован (расширена карта режимов потока) для моделирования CCI в смеси свинец-пароводяная смесь. Уравнения сохранения массы, импульса и энергии замыкаются с помощью корреляций для межфазного обмена массой, импульсом и энергией. Особенностью модифицированного кода является принципиально иной механизм распространения волны термической детонации при больших объемных долях расплава – рассматривается фрагментация паровых пузырей и капель воды, за счет чего значительно увеличивается площадь межфазной поверхности и теплообмена. Примечательно, что предложенный простой механизм фрагментации, основанный на критических числах Вебера (кинетика CCI, в отличие от FCI, менее изучена и, по-видимому, более сложная), при определенных условиях способен привести к волне термической детонации (на рис. 1 представлены профили давлений в последовательные моменты времени).

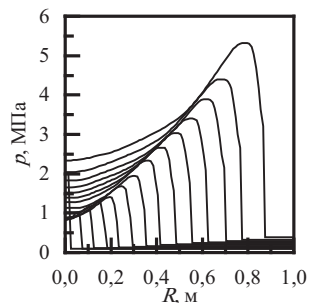


Рис. 1. Профили давления в различные моменты времени.

Литература

1. **Безносков А.В. и др.** Экспериментальные исследования характеристик контактного теплообмена свинцовый теплоноситель-рабочее тело // Атомная энергия, – 2005. – Т. 98. – Вып. 3. – С. 182-187.
2. **Dinh T.N.** Multiphase Flow Phenomena of Steam Generator Tube Rupture in a Lead-Cooled Reactor System: A Scoping Analysis // Proceedings of ICAPP 2007, Nice, France, May 13-18, 2007. Paper 7497.
3. **Мелихов В.И. и др.** Взрывное взаимодействие расплава с водой. Моделирование кодом VAPEX-D // ТВТ, – 2002. – Т. 40. – Вып. 3. – С. 466-474.

Т. Т. Ле, асп.; рук. В. И. Мелихов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ОЦЕНКА ОДНОГРУППОВОЙ МОДЕЛИ ПЕРЕНОСА
 МЕЖФАЗНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

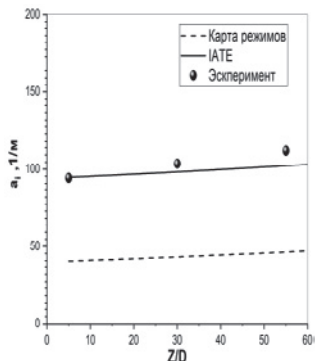


Рис. 1. Распределение концентрации площади межфазной поверхности по высоте трубы.

площади межфазной поверхности (IATE) было развито в течение последних 20 лет [3].

В данной работе разработана оценка одногрупповой модели переноса межфазной поверхности. При этом разработан компьютерный код, который создан на базе кода STEG [4] для моделей с использованием IATE и без него. На рис. 1 показаны зависимости a_i от безразмерной величины Z/D (Z – расстояния текущей точки до входа трубы, D – диаметр трубы) при моделировании эксперимента 2-7 [5].

Литература

1. Safety Code Development Group, “TRAC-PF1/MOD1, an advanced best-estimate computer program for pressurized water reactor thermal-hydraulic analysis,” NUREG/CR-3858 LA-10157-MS, Los Alamos National Laboratory, 1986.
2. RELAP5 Code Development Team, “RELAP5/MOD3 Code manual,” NUREG/CR-5535 INEL-95/0174, Idaho National Engineering Laboratory, 1995.
3. **Wu, Q., Kim, S., Ishii, M., Beus, S.G.** One-group interfacial area transport in vertical bubbly flow. *Int. J. Heat Mass Transfer* 1998, No. 41 (8–9), 1103–1112.
4. **Мелихов В.И., Мелихов О.И., Парфенов Ю.В.** Математическое моделирование теплогидравлических процессов в горизонтальном парогенераторе с помощью кода STEG // *Новое в Российской энергетике* 2008 № 8. стр. 21-33.
5. **Talley J., Kim S., Mahaffy J.** Implementation and evaluation of one-group interfacial area transport equation in TRACE // *Nuclear Engineering and Design*. 2011. Vol. 241 pp. 865-873.

*В.К. Цхе, докторант, Е.В. Козловский, Н.Е. Мухамедов, PhD;
рук. М.К. Скаков, д.ф.-м.н., проф. (ИАЭ, Курчатова, Казахстан)*

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСА РЕАКТИВНОСТИ, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПУСКА РЕАКТОРА ИГР

В настоящее время серьезное внимание уделяется вопросам безопасности исследовательских ядерных реакторов, реактор ИГР не является исключением. Одним из направлений повышения его безопасности является совершенствование методик проведения реакторных испытаний.

Анализ условий безопасного проведения реакторных экспериментов показывает, что наиболее тяжелые последствия может иметь аварийная ситуация, связанная с несанкционированным извлечением из активной зоны рабочих органов СУЗ, так называемым «самоходом» стержней [1].

Одним из возможных путей решения этой проблемы является уменьшение количества рабочих органов, задействованных для реализации заданной диаграммы изменения мощности.

Для проверки возможности уменьшения количества задействованных стержней проведен анализ массива экспериментальных данных, полученных при реализации пусков реактора на разных уровнях мощности и с различным энерговыделением в активной зоне.

В результате анализа получены зависимости, характеризующие связь между:

- энерговыделением в реакторе и перемещением компенсирующих стержней (КС) СУЗ;
- мощностью реактора и скоростью движения КС СУЗ;
- параметрами заданной диаграммы мощности и необходимым количеством стержней для ее реализации [2].

На основе полученных зависимостей предложен алгоритм определения количества КС, необходимого для реализации пуска реактора ИГР. А также проверена работоспособность предложенного алгоритма на практике. Впервые реализован пуск реактора ИГР в режиме «Импульс» с минимальным количеством КС.

Литература

1. Система управления и защиты реактора. Руководство по эксплуатации. АК.65000.01.131 РЭ / ДГП ИАЭ РГП НЯЦ РК. – Курчатова, 2004.– 38с.– Инв. № К-41435
2. Ю.А. Казанский, В.А. Дулин и другие. Методы изучения реакторных характеристик на критических сборках БФС. М.: Атомиздат, 1977г.

*А.Г. Зубков, В.А. Складенко, студенты; рук. В.М. Зорин, д.т.н., проф.
(НИУ МЭИ, Москва)*

Анализ безопасности ВВЭР СКДИ (В-670)

Реакторная установка В-670 ВВЭР СКДИ, разработанная НИЦ КИ, благодаря своим конструктивно-компоновочным решениям может обеспечить беспрецедентно высокий уровень безопасности (вероятность плавления АЗ менее 10^{-8} 1/реактор*год) [1], что меньше, чем у зарубежных СКД аналогов и современных российских блоков с реакторами ВВЭР (АЭС 2006).

Анализ более 20 проектных аварий для блока АЭС 2006 показывает, что некоторые из них для СКДИ не актуальны, а подобный анализ проектных аварий, особенно с тяжелыми повреждениями активной зоны, демонстрирует, что почти 70% из них для РУ СКДИ невозможны.

Анализ аварийных процессов для СКДИ и перечень выбранных для данной РУ систем безопасности позволяет говорить о ее повышенной устойчивости к авариям, сопоставить системы СКДИ с таковыми для АЭС 2006. Можно видеть, что для одинаковых групп аварий в В-670 применяется значительно меньшее количество систем безопасности отказ от которых обеспечивается конструкцией РУ и отсутствием для нее многих аварийных процессов в принципе.

Номинальный режим с меньшими температурами и большое расстояние между твэлами позволяют гарантировано залить активную зону в случае аварии типа ЛОСА, что, в то же время, остается под вопросом у других разработок СКД -реакторов.

Такие результаты достигнуты благодаря принятым для СКДИ конструктивно-компоновочным решениям, а именно:

- Интегральной компоновкой первого контура в корпусе реактора и секционным парогенератором;
- Двухконтурной тепловой схемой;
- Разреженной решетке твэл.

Литература

1. Проблемы перехода на сверхкритические параметры теплоносителя в ядерной энергетике /Силин В.А., Семченков Ю.М., Алексеев П.Н. и др. / Атомная энергия. 2014. Т. 117. №5.

С.В. Босенко, студ.; рук. В.М. Зорин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ОПТИМИЗАЦИЯ МИНИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ
 НАПОРОВ В СПП-Ш**

В работе на основе приведенных годовых затрат оптимизируются минимальные температурные напоры в ступенях пароперегревателя для конструкции АО «ВНИИАМ» применительно к паротурбинной установке К-1200-6.8/50. При уменьшении недогрева δt_i в одной из ступеней пароперегревателя ($i=1,2$), увеличивается площадь теплообменной поверхности, что приводит к повышению стоимости аппарата, однако одновременно с этим происходит улучшение тепловой экономичности ПТУ.

Решение задачи производилось на основе методики, описанной в [1]. Результаты решения задачи могут стать хорошим ориентиром, показывающим к каким значениям температурных напоров необходимо стремиться при проектировании сепараторов пароперегревателей выбранного типа. Критерий оптимальности для данной задачи – разность годовых затрат между вариантом с принятыми значениями δt_1 и δt_2 и вариантом, принятым в качестве базового – получен в виде:

$$\Delta Z_{\text{год}} = (p + E_k) \left[C_{\text{уд}1} \left(\frac{C_{\text{p}1}}{K_I} G_{\text{п}} (\delta t) \ln \frac{t_{\text{с}1} - t_{\text{вх}1}}{\delta t_1} - F_{16} \right) - C_{\text{уд}2} \left(\frac{C_{\text{p}2}}{K_{II}} G_{\text{п}} (\delta t) \ln \frac{t_{\text{с}2} - t_{\text{вх}2} (\delta t_1)}{\delta t_2} - F_{26} \right) \right] - 3_p^3 \tau_{\text{уст}} [N_3 (\delta t) - N_{\text{эбаз}}], \quad (1)$$

где p – норматив дисконтирования; E_k – суммарный коэффициент отчислений от стоимости СПП; $G_{\text{п}}$ – расход нагреваемого пара; F_{16}, F_{26} – базовые значения площадей поверхности теплообмена для 1-й и 2-й ступеней; K_I, K_{II} – коэффициенты теплопередачи для 1-й и 2-й ступеней; $C_{\text{уд}1}, C_{\text{уд}2}$ – удельные стоимости поверхностей нагрева 1-й и 2-й ступеней;

Для оптимизации был выбран двухступенчатый сепаратор-пароперегреватель с коллекторно-ширмовой трубной системой (СПП-Ш) конструкции АО «ВНИИАМ». Данный аппарат обладает низким гидравлическим сопротивлением, высокой надежностью, хорошей ремонтпригодностью, пониженной металлоемкостью и габаритными размерами, позволяющими его расположить под площадкой обслуживания турбоагрегата. В свою очередь, конструкция СПП-Ш отражает основные мировые тенденции развития сепараторов-пароперегревателей и уже была опробованная на тепловых моделях мощностью до 5 МВт.

Литература

1. Шамароков А.С., Зорин В.М., Фам Куанг Дай. Оптимизация минимальных температурных напоров в подогревателях системы регенерации паротурбинной установки // Теплоэнергетика. 2016. №3.

*В.А. Складенко, А.Г. Зубков, студенты; рук. В.М. Зорин, д.т.н., проф.
(НИУ МЭИ, Москва)*

О проблеме выбора конструкционных материалов для оболочки твэлреакторов СКД параметров

На сегодняшний день для реакторов с водой СКД наиболее остро стоит проблема выбора конструкционного материала для оболочки твэл. Над решением этого вопроса активно работают Китай, Канада и страны Европейского содружества.

Существующие разработки одноконтурных СКД-реакторов предполагают температуру выхода из активной зоны около 520°C при давлении 25 МПа, температуру оболочек твэлв диапазоне 600-700°C при нормальном режиме эксплуатации, и значительно выше при аварийных режимах в зависимости от расстояния между твэлами.

Данные материалы должны обладать хорошими механическими характеристиками, чтобы сохранять пределы прочности, пластичности, релаксационную стойкость, жаропрочность, жаростойкость в условиях коррозионно-активной среды, высоких рабочих температур и больших нейтронных потоков.

Известны результаты экспериментов [1] о протекании коррозионных процессов в материалах для оболочки твэл в воде сверхкритических параметрах с температурой до 650°C: уровень коррозии в феррито-мартенситных сталях достаточно велик, аустенитные же стали с большим содержанием Cr показывают сравнительно низкий уровень коррозии.

Перспективными являются аустенитные хромо-никелевые сплавы такие как Inconel 625, 800Н, но данных по их поведению в среде СКД с сильными нейтронными потоками крайне мало. Применение же чисто никелевых сплавов усложнено из-за его влияния на нейтронный баланс вследствие большого сечения поглощения нейтронов.

Многочисленные тесты на КРПН аустенитных сталей [2] 304, 316L и 347 показали, что она (особенно межкристаллитная) является серьезной проблемой в температурных режимах СКД реакторов. Эксперименты показали, что 316NG и 347H особо восприимчивы к КРПН, начиная с 500°C, а также прочность резко уменьшается в интервале температур от 500 до 650 °C.

Литература

1. Mechanical Properties of Fuel Cladding Candidate Alloys for Canadian SCWR Concept / SU XU, BabakShalchiAmirkhiz / JOM, Vol. 68, No.2, 2016 (датаобращения 01.11.2018).
2. Generation IV Material Issues – Case SCWR / Sami Penttila, Aki Toivonen / Journal of Disaster Research, Vol. 5, No.4, 2010.

Г.В.Цер студ.; рук. В.М.Зорин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ В ВОДЯНОМ ОБЪЕМЕ ПАРОГЕНЕРАТОРОВ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ТИПА

Одним из важнейших элементов АЭС является парогенератор. Работоспособность парогенератора - крупнейшая составляющая безопасной эксплуатации АЭС.

Наличие точных или очень близких к реальным процессам математических моделей позволяет экономить временные и денежные ресурсы, т.к. часто бывает сложно создать стенды, полигоны, лаборатории для испытаний нового или модернизированного оборудования.

Одной из таких математических моделей является программный комплекс CIRC+SAL, разработанный на кафедре АЭС НИУ «МЭИ» для расчета гидродинамических характеристик водяного объема парогенератора с погружной поверхностью нагрева и распределения в нем растворимых примесей. После проведения многочисленных расчетов парогенераторов типа ПГВ и настройки программного комплекса по имеющимся результатам теплехимических испытаний ПГВ-1000 [1] эксплуатация CIRC+SAL в течение длительного времени не проводилась.

Поставив задачу возобновления работоспособности данного программного комплекса был разработан алгоритм подготовки расчета, инструкция по запуску программы и по работе с результатами расчета. Выполнены и проанализированы результаты расчета ПГВ-1000 с штатной и модернизированной схемой раздачи питательной воды и вывода продувки.

Следующим шагом является модернизация программы для реализации расчетов с парогенераторами для блоков АЭС-2006 и ВВЭР-ТОИ.

Литература

1. Горбуров В.И., Зорин В.М. Моделирование на ЭВМ гидродинамики водяного объема парогенератора ПГВ-1000. М.: Теплоэнергетика, 1994, № 5, С.22-29

Чжоу Пэнчао, асп.; рук. С.О. Иванов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОБРАЗОВАНИЕ ПИТТИНГОВ ИЗ-ЗА НАЛИЧИЯ МЕДИ В ОТЛОЖЕНИЯХ ПОВЕРХНОСТИ ТЕПЛООБМЕННЫХ ТРУБОК ПАРОГЕНЕРАТОРА АЭС С ВВЭР

Медь и сплавы на её основе склонны к образованию комплексных соединений с аммиаком [1]. Именно их хорошая растворимость в воде и обеспечивает перенос ионов меди путём конденсата упомянутых комплексов до деаэрата. В деаэрате комплексные соединения разлагаются при температурах выше 150°C. Таким образом продукты их термоллиза попадают в объёмы ПГ с питательной водой. На ТОТ ПГ происходит восстановление ионов меди до атомов, затем металлическая медь осаждается на стали. В электропроводящей среде это создаёт систему микрогальванического элемента сталь-медь, в котором медь является катодом, а сталь представлена в качестве анода. При работе такой гальванической пары сталь-медь, сталь растворяется и начинается образование питтинга.

Для определения скорости роста питтинга при наличии отложений меди необходимо сделать следующие предположения:

- 1) разность потенциалов пары сталь-медь должна значительно превышать разность потенциалов в других случаях питтингообразования, вместе с тем эти случаи не рассматриваются;
- 2) плотность анодного и катодного токов должна поддерживаться постоянно при росте питтинга;
- 3) скорость перехода меди из состояния раствора на поверхность ТОТ должна быть пропорциональна концентрации аммиачных комплексов меди в воде второго контура.

Литература

1. **Петрова Т.И., Воронов В.Н., Ларин Б.М.** Технология организации водно-химического режима атомных электростанций. М.:Издательский дом МЭИ. 2012, – 272с.

*А.Л. Мальшева асп.; А.Д. Кононова студ.; рук. Ю.Б Воробьёв.
к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ПАРОГЕНЕРАТОРАХ АТОМНЫХ ЛЕДОКОЛОВ

В докладе рассматривается проблема растрескивания трубчатки парогенераторов (ПГ) атомных ледоколов и формулируются направления работ по разработке и расчетно-теоретическому обоснованию механизма возникновения аномального наводораживания титанового сплава в месте растрескивания.

Во всех зафиксированных случаях отказов ПГ атомных ледоколов причиной является аномально содержание водорода в титановом сплаве. Исследование причин наводораживания материалов конструкции позволит обосновать рекомендации по их устранению и обеспечит их герметичность трубчатки ПГ.

Выполнен обзор источников по проблеме накопления водорода в материалах трубной системы парогенераторов. Решение предлагается искать на основе комплексного и уточненного моделирования процессов переноса газовой фазы в теплоносителе. Для этого предлагается совместно использовать одномерный код Relap5 и трехмерное моделирование на основе CFD кода. В частности, для расчетного исследования процессов радиационно-химических превращений, межфазного массопереноса и транспорта компонентов водного теплоносителя разработана подробная модель ПГ на основе кода улучшенной оценки Relap5. Данная модель позволяет понять общую динамику процессов в ПГ и определить граничные условия для следующего этапа. Для наиболее интересных областей ПГ, выделенных на основе анализа модели кода Relap5, проводятся уточненные исследования движения и растворения парогазовых пузырьков в межтрубном пространстве и застойном участке ПГ. Это может быть эффективно выполнено на основе CFD кода с установкой граничных условий по расчетам Relap5. Приводятся результаты расчетов.

Д.В. Финошкина, студ.; рук. А.В. Аникеев, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ГОТОВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ В АТОМНОМ СЕКТОРЕ

На основе международных и российских стандартов сертификации автором были разработаны Методические указания по систематической оценке уровня готовности технологии (TRL) в условиях ее подготовки к инвестированию. Комплексная оценка достигнутого уровня проработки проекта позволяет оценить состояние научно-исследовательских работ в зависимости от текущего уровня TRL, а также на раннем этапе выявить и снизить риски, связанные с несвоевременным или некачественным выполнением соответствующих проектов, с превышением или недостатком выделенного на их реализацию бюджета.

С помощью данной Методики и программного средства, разработанного AFRL, автором проведен анализ уровня технологической готовности проектов реактора на быстрых нейтронах БН-1200 и ВВЭР – СКД - реактора со сверхкритическими параметрами.

Актуальность темы продиктована тем, что атомные станции с исследуемыми в данной работе реакторными установками в скором времени будут играть ведущую роль в ядерной энергетике, поскольку мировые запасы органического топлива истощаются, необходимо использование альтернативных источников энергии. На текущем этапе реализации перспективных разработок усовершенствованных реакторов необходимо оценить действующий статус систематического уровня готовности рассматриваемых технологий, чтобы определить, на какой стадии они находятся, и обоснованно предпринять решение для последующей модернизации реакторных установок.

Литература

1. ISO 16290:2013 (2013) Space systems – Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment
2. NASA Procedural Requirements 7123.1A
3. ГОСТ Р 58048-2017 Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий
4. ГОСТ Р 57194.1-2016 Трансфер технологий

В.Н. Подгорный, асп.; рук. Ю.Б. Воробьев, к.т.н., доцент (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ВЕРОЯТНОСТНОГО АНАЛИЗА БЕЗОПАСНОСТИ (ДВАБ) ДЛЯ АНАЛИЗА АВАРИЙ НА АЭС

В настоящее время в мировой практике в обеспечении безопасности технической системы важную роль играют результаты вероятностного анализа безопасности (ВАБ), которые дают возможность проводить вероятностную оценку возможных аварий для анализируемых объектов и их соответствующих последствий. Для такой сложнейшей и потенциально опасной системы, как АЭС, это является важным критерием для принятия решения о лицензировании новых проектов, модернизации существующих реакторных установок, разработки новых систем безопасности. Проблемами, с которыми сталкивается ВАБ, это: невозможность полностью учесть все взаимодействия между детерминистическими, динамическими процессами и вероятностью возникновения каждого явления; неспособность учесть параметры, зависящие от времени, при сложном взаимодействии между динамическими процессами; существенное влияние субъективного фактора при попытках учесть характеристики детерминистических процессов при создании модели ВАБ; использование предположения о Марковском характере процессов, что часто является неверным.

С данной целью в мире ведутся работы по разработке методов динамического ВАБ (ДВАБ). Этот подход позволяет органично сочетать вероятностный и динамический (детерминистический) анализы безопасности. В конкретных направлениях развития ДВАБ основным проблематичным моментом является их вычислительная эффективность в нахождении потенциально опасных событий на основе сочетания характеристик тяжести аварии и вероятности ее возникновения – т.е. риска. Особенно данная проблема актуальна при применении кодов типа RELAP5 для анализа протекания аварии и оценки ее последствий. В качестве решения в докладе представляется оригинальный подход на основе использования метода поиска глобального оптимума. Он позволяет эффективно исследовать пространство возможных событий, снижая количество необходимых расчетов по моделированию детерминистических процессов на основе кодов улучшенной оценки типа RELAP5.

В докладе представлены наиболее яркие примеры применения разрабатываемого метода для АЭС с реакторами типа ВВЭР и аварий класса течи из первого контура.

Д.А.Писарева, студ.; рук. К.Н. Проскуряков, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ РОСТА ВИБРАЦИЙ ТВС

В настоящее время созданы методы и алгоритмы расчетов и обоснован выбор средств, предназначенных для прогнозирования и предотвращения условий возникновения роста вибраций твэл и ТВС, обусловленных акустическими колебаниями теплоносителя. Исследована зависимость полосы пропускания от режима эксплуатации реакторной установки, разработаны алгоритмы оценки добротности и полосы пропускания ТВС с повышенным уровнем вибраций в активной зоне ВВЭР [1]. В работе [2] разработан и применен теплогидравлический трехмерный CFD-код модели реактора ВВЭР-1200, содержащий ~1 млрд. ячеек. Приняты следующие допущения: теплоноситель считается ньютоновской, несжимаемой жидкостью; течение турбулентное; на входе распределение параметров теплоносителя равномерное; стенки проточного тракта адиабатические и гидравлически гладкие; теплофизические свойства теплоносителя зависят от температуры и не зависят от давления; тепловыделение в поперечном сечении ТВС постоянно. Проведено более 30 верификационных расчетов с сопоставлением результатов расчетного исследования с экспериментальными данными. Среднеквадратичная погрешность результатов моделирования целевых параметров не превышает 10 %.

Использование картограммы распределения температуры по сечению на выходе активной зоны [2] и методов расчета [1] позволило построить картограмму изменения собственной частоты колебаний давления теплоносителя (СЧКДТ) в активной зоне реактора и провести прогнозирование условий роста вибраций ТВС ВВЭР-1200. Приведены результаты расчетно-теоретического анализа условий возникновения аномального увеличения вибраций ТВС в реакторе ВВЭР-1200. Показано, что совпадение СЧКДТ и вибраций ТВС наступает лишь при определенном значении средней температуры теплоносителя в активной зоне и только в области температур, соответствующих полосе пропускания относительно выявленного значения СЧКДТ. Показано, что для предотвращения резонанса колебаний теплоносителя и ТВС необходимо и достаточно вывести собственную частоту колебаний ТВС за пределы полосы пропускания

Литература

1. **Проскуряков К.Н.** Ядерные энергетические установки. Изд. дом МЭИ. 2015 с. 446
2. Разработка теплогидравлической CFD модели реактора ВВЭР-1200 Волков В.Ю., Голибродо Л.А., Крутиков А.А., Кудрявцев О.В., Надинский Ю.Н., Скибин А.П. XII международной научно-практической конференции STAR Russian Conference 2017: «Компьютерные технологии: решения прикладных задач тепломассопереноса и прочности», 31 мая - 01 июня 2017 г., Гостиница «ОКА» г. Нижний Новгород <https://sapr.ru/anons/20170323-star-russian-conference-2017>.

*В.А. Аксенова, Е.А. Хаванская, студенты; рук. М.М. Каверзнев, к.т.н.,
доц. (НИУ «МЭИ»)»*

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОБОРУДОВАНИЯ ЭНЕРГБЛОКОВ АЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДХОДОВ COST ESTIMATING

В настоящей работе с использованием подходов Cost Estimating [1] выполнены оценки оптимальных температурных напоров в системе регенеративного подогрева (РП) энергоблока АЭС ВВЭР-1200. Названные подходы широко используются в задачах технико-экономического анализа АЭС 4-го поколения [2], позволяя в ряде случаев избежать трудоемких инженерных расчетов.

Оценки (рис. 1) выполнены по критерию максимума дополнительной прибыли до вычета налогов (S , руб./год) для реальных ценовых параметров оборудования, различных величин отпускного тарифа на электроэнергию (τ , руб./кВт·ч) [3], при некоторых упрощающих допущениях.

Оценки показали, что в существующих условиях:

1) оптимальные температурные напоры в теплообменниках РП должны быть несколько меньше заданных – около 2°C против нынешних 6°C [4], на примере ПНД;

2) оптимум температурных напоров показывает высокую чувствительность к ценовым и тарифным параметрам и при низких тарифах не существует в рассматриваемом диапазоне.

Для получения максимального экономического эффекта от оптимизации последняя должна быть проведена с учетом прогнозируемых тарифных параметров на протяжении всего жизненного цикла АЭС и выполняться в терминах LCOE (Levelised Cost of Energy).

Литература

1. **Cost estimating guidelines for generation IV nuclear energy systems. Revision 4.2. September 26, 2007.** Printed by the OECD Nuclear Energy Agency for the Generation IV International Forum. – 181 p.

2. **Generation IV International Forum (GIF).** <https://www.gen-4.org>

3. Сайт федеральной службы по тарифам Российской Федерации. www.fstrf.ru.

4. **Воробьев А.В.** Регенеративный подогрев питательной воды. Презентация к лекции. – ТПУ, 2013 – 72с.

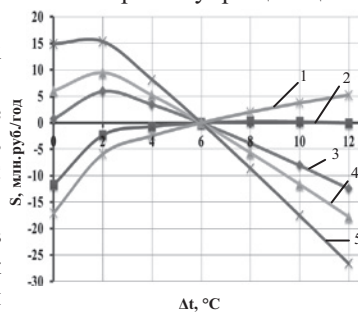


Рис. 1. Температурные напоры Δt в ПНД при различном отпускном тарифе (1 - 0,2; 2 - 0,5; 3 - 1,2; 4 - 1,5; 5 - 2 руб./кВт·ч)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
КОНДЕНСАЦИОННОГО ГИДРОУДАРА НА СТЕНДЕ АО
«ЭНИЦ» И ВЕРИФИКАЦИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО КОДА
ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГИДРОУДАРНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ОБОРУДОВАНИИ АЭС

*Г.Ю. Волков, асп.; рук-ли В.И. Мелихов д.т.н., проф.,
О.И. Мелихов д.ф.-м.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

Экспериментальные исследования гидроударов (ГУ) проводились в различных научных организациях по всему миру [1]. С целью изучения явления КГУ в Германии, Японии, России, Китае были созданы экспериментальные установки и проведены соответствующие расчётные исследования.

Экспериментальная установка АО «ЭНИЦ» включает в себя: рабочий участок; генератор пара (компенсатор давления стенда ПСБ-ВВЭР АО «ЭНИЦ»); линии подвода (отвода) воды и пара; измерительную аппаратуру, фиксирующую давление, температуру и расход рабочей среды; запорно-регулирующую арматуру. Эксперименты были проведены для двух значений давления насыщенного пара P_0 0,6 и 1 МПа. При этом варьировались расход воды ($G_e = 1, 3, 5$ т/ч), температура воды ($t_e = 30, 60$ °С), и мощность электронагревателя генератора пара ($N_{эн} = 20, 35, 50$ кВт). Всего было проведено 54 серии экспериментов.

В ряде режимов наблюдались КГУ. Максимальное увеличение давления при КГУ в экспериментах составляло 1 МПа. В среднем КГУ повторялись каждые 2 с. Они возникали через некоторое время после начала подачи холодной воды в горизонтальный участок и продолжались до момента полного его заполнения.

Расчётные исследования были проведены с помощью разработанного в АО «ЭНИЦ», специализированного расчетного кода, предназначенного для моделирования конденсационных ударов. В ходе расчетных исследований получены максимальные величины пиков давления при гидроударах сопоставимые с результатами эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хрипачев Ю.Б., Чуркин А.Н., Безруков Ю.А., Лисенков Е.А., Селезнев А.В. Аналитический обзор публикаций по экспериментально-расчетному исследованию конденсационных гидроударов в оборудовании легководных ядерных энергетических установках (ЯЭУ) // Тяжелое машиностроение. 2016. № 1-2.

*В.А. Белоусов, студент (НИЯУ «МИФИ», г. Москва);
рук. Г.Г. Петров (АО «НИКИЭТ», г. Москва)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ FPGA В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Согласно требованиям нормативных документов [1], [2], системы, отвечающие за безопасность, проектируется в многоканальной архитектуре, что позволяет снизить вероятность отказа системы при возникновении единичных отказов, однако такая архитектура остается уязвима к классу отказов по общей причине. Примером таких отказов являются как природные или техногенные факторы – землетрясения, взрывы, затопления помещений станции, так и факторы, связанные ошибками в проектировании, конструировании и изготовлении функциональных элементов станции в общем, или различных систем – в частности.

Для уменьшения вероятности отказов по общей причине, системы безопасности должны иметь признаки независимости и разнообразия. Разнообразие (иначе – диверсность) характеризует различие методов, применяемых для получения требуемой функции. Разнообразие обозначает различие (например, каналов или комплектов оборудования) по физическому принципу действия, использованной элементной базе, по привлеченным организациям, осуществляющим проектирование, конструирование и изготовление оборудования, а также по другим параметрам, позволяющим снизить вероятность таких отказов.

Помимо использования различных датчиков или исполнительных механизмов, признак диверсности системы достигается различными методами выполнения алгоритмов, формирующих функцию безопасности. Достаточно часто для выполнения математических операций в системах безопасности используется программируемая техника. Однако даже при привлечении различных производителей микропроцессорной техники и различных организаций, осуществляющих разработку программного кода, присутствует вероятность наличия ошибки в среде разработки программного кода, операционной системе (при ее наличии) или архитектуре программируемого устройства. В данном докладе рассматривается вопрос об использовании вентилятных матриц (FPGA) в системах безопасности, как программируемых устройств, с отличным от микропроцессорной техники принципом действия.

Литература

1. **НП-001-15** Общие положения обеспечения безопасности атомных станций.
2. **ГОСТ Р МЭК 61508-1-2012** Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью.

Г.А. Витюк, докторант PhD (ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан); рук-ли М.К. Скаков, д.ф.-м.н., проф.; В.А. Витюк, к.ф.-м.н., PhD (РГП НЯЦ РК, г. Курчатов, Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ОТ РАСПЛАВА СТАЛИ К КОНСТРУКЦИОННЫМ МАТЕРИАЛАМ АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

Исследования процессов, сопровождающих тяжелые аварии энергетических реакторов с разрушением элементов активной зоны, вызваны необходимостью выработки технических решений, позволяющих максимально снизить вероятность возникновения тяжелых последствий в ходе развития аварийной ситуации, вызванной различными исходными событиями. Одним из вариантов такого технического решения, позволяющего избежать образования крупных объемов расплава топлива в реакторах на быстрых нейтронах, опасных с точки зрения условий для возникновения явления повторной критичности, является использование в конструкции ТВС специальных каналов для вывода расплава в безопасные области внутри корпуса реактора [1]. На определенном этапе развития тяжелой аварии может возникнуть ситуация, при которой в активной зоне будет сформирована смесь из расплава стальных элементов ТВС и нерасплавленных топливных таблеток. В этом случае важно понять достаточно ли будет на данном этапе аварии запасенного тепла данной смеси для проплавления стенок каналов. Критичной в данном случае является величина теплового потока от смеси расплавленной стали и нерасплавленных топливных таблеток к стенке канала.

На импульсном графитовом реакторе ИГР были проведены эксперименты по моделированию описанной ситуации, целью которых являлось определение величины теплового потока к стальной стенке на основании данных системы измерений параметров эксперимента. Интерпретация полученных экспериментальных данных позволила воссоздать общую картину и последовательность событий. Определен тепловой поток от расплава стали с нерасплавленными топливными таблетками к стальной стенке. Результаты экспериментов и результаты, полученные расчетным путем, хорошо согласуются друг с другом и могут быть использованы при разработке конструкции активной зоны реактора на быстрых нейтронах.

Литература

1. Ikken SATO, and all. Safety Strategy of JSFR Eliminating Severe Recriticality Events and Establishing In-Vessel Retention in the Core Disruptive Accident // Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY.–2011.– Vol. 48.– No.4.–P. 556–566.

*М.С. Федоров, О.И Коновалов, М.Д Нащекин, студенты;
рук. В.В. Меркулов, к.т.н., нач. лаб. (НИЦ «КИ», Москва)*

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПАРОВОГО ВЗРЫВА ПРИ ТЯЖЕЛОЙ ЗАПРОЕКТНОЙ АВАРИИ В БАССЕЙНЕ ВЫДЕРЖКИ НА АЭС С ВВЭР

Анализ аварии на японской АЭС «Фукусима-1» показал, что при обосновании безопасности АЭС необходимо рассматривать даже такие маловероятные сценарии запроектных аварий, как полное длительное обесточивание энергоблока с отказом на запуск резервных дизель-генераторов. При этом помимо традиционного рассмотрения возможных аварий на реакторной установке необходимо также рассматривать аварии в бассейне выдержки (БВ) после аварийной выгрузки в него всей активной зоны. Специфика протекания аварии в БВ такова, что при определенных условиях возможна ситуация, когда разогрев, плавление и обрушение ТВС будет происходить при наличии на днище БВ некоторого количества воды. Падение в воду большого количества расплавленных компонентов ТВС и стальных труб, в которых хранятся ТВС в БВ, может привести к залповому испарению воды (паровому взрыву), повышенным нагрузкам на защитную оболочку АЭС, к разгерметизации контейнмента и, как следствие, к тяжелым радиационным последствиям. Целью данной работы является подготовка исходных данных для последующего анализа возможности парового взрыва в ходе протекания тяжелой запроектной аварии «Полное длительное обесточивание АЭС» в бассейне выдержки отработавшего топлива. В работе представлены расчетные данные по осушению, разогреву, деградации и последующему обрушению ТВС, температурам оболочек твэлов и топлива, данные по компонентному составу. Расчет проведены при помощи интегрального тяжелоаварийного кода улучшенной оценки СОКРАТ/В1 [1].

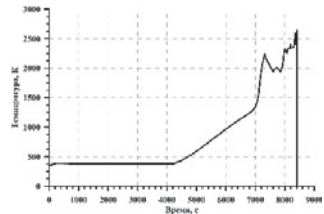


Рис. 1. Изменение максимальной по высоте топливного столба температуры топлива для ТВС трехдневной выдержки

Литература

1. Программа СОКРАТ/В1. Аттестационный паспорт программного средства № 275 от 13.05.2010 г. НТЦ ЯРБ при Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору.

А.А. Шкель, асп.;рук-ль О.И. Мелихов, д.ф.-м.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РАЗРАБОТКА ЧИСЛЕННОЙ СХЕМЫ ДЛЯ РАСЧЕТНОГО КОДА VAPEX-D

В ходе развития запроектной аварии на АЭС с реакторами ВВЭР/PWR возможно плавление активной зоны реактора с последующим взаимодействием расплавленного расплава (корнума) с теплоносителем. При определенных условиях это взаимодействие происходит взрывным образом, т.е. происходит т.н. «паровой взрыв», который может привести к разрушению шахты реактора и контейнента.

Для моделирования и исследования гидродинамических процессов при внекорпусном паровом взрыве в АО «ЭНИЦ» был разработан расчетный код VAPEX-D [1]. В ходе расчетов экспериментов по паровому взрыву была выявлена сильная неустойчивость численной схемы кода к входным данным и модификациям, приводящая к расходимости численного решения уравнений сохранения, что затрудняет и делает невозможным проведение дальнейших исследований.

Актуальность данной работы заключается в разработке новой численной схемы расчетного кода VAPEX-D для последующего его усовершенствования, проведения численных экспериментов по паровому взрыву создания трехмерной математической модели кода.

В данной работе была разработана численная схема на базе алгоритма MCBA-SIMPLE (MassConservationBasedAlgorithm Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equations), основанном на уравнении сохранения массы [2].

Разработанная численная схема была верифицирована на одномерных тестовых задачах сепарации пароводяной смеси в канале и колебаниях столбов воды и пара в осциллирующем манометре. Были получены хорошие результаты расчетов, соотносящиеся с экспериментальными данными и точным решением.

Литература

1. **Соколин А.В.** Моделирование парового взрыва при тяжелой аварии на АЭС с корпусным реактором с водой под давлением // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Москва: МЭИ (ТУ). 2004. 164 с.
2. **Moukalled F., Darwish M.** A comparative assessment of the performance of mass conservation-based algorithms for incompressible multiphase flows // Numerical Heat Transfer, Part B – 2002. – Vol. 42. – P.259-283.

Владимир В. Романов, Владислав В. Романов, маг.;
рук-ль М.М. Каверзнев, к.т.н., доц. (НИУ МЭИ)
**ОЦЕНКА МАССОГАБАРИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
МОДУЛЬНОЙ МИНИ-АЭС IV ПОКОЛЕНИЯ**

Мини-АЭС на основе малых модульных реакторов (Small Modular Reactor, SMR) в настоящее время рассматривается как энергоисточник с хорошей рыночной перспективой для удаленных районов и отдельных объектов [1].

В настоящей работе рассмотрен вариант двухконтурной модульной мини-АЭС на основе реактора на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем (т.н. «ядерная батарейка» [2]) и циклом Брайтона на сверхкритическом CO₂ [3].

Ядерная энергоустановка (ЯЭУ) представляет собой герметичный цилиндрический корпус, в котором размещены ядерный реактор, теплообменники, газовая турбина с компрессором, электрогенератор.

В работе рассмотрены несколько вариантов реакторной установки, различные параметры 1-го и 2-го контуров и основного оборудования.

Выполненные оценки подтверждают возможность создания модульной мини-АЭС в заявленном диапазоне мощностей, массы и габаритов.

Заложенные в основу «ядерной батарейки» концепция и конструктивная схема позволяют превзойти по большинству характеристик альтернативные SMR и АЭС на их основе [4]. В частности, данная мини-АЭС может рассматриваться как альтернатива традиционным плавучим АЭС, например, ПАЭС «Академик Ломоносов» (38 МВт по данным PRIS [4], длина 144м, ширина – 30м, водоизмещение – 21 тыс. т. [6]), превосходя их на порядок по массогабаритным характеристикам и имея ряд других преимуществ.

Литература

1. Small Modular Reactor. Сайт МАГАТЭ: <https://www.iaea.org/topics/small-modular-reactors>
2. **А.А. Виноградов.** Ядерная батарейка для Норильска, которая сделает порт Дудинка незамерзающим. PRoATOM. 2018.
3. **Lorenzo S., Carlo A., Andrea C.** On the adoption of carbon dioxide thermodynamic cycles for nuclear power conversion: A case study applied to Mochovce 3 Nuclear Power Plant. Elsevier paper. Applied Energy 181. 2016. 446-463.
4. Advances in Small Modular Reactor Technology Developments. IAEA, 2018 Edition. – 258pp. https://aris.iaea.org/Publications/SMR-Book_2018.pdf
5. Power Reactor Information System (PRIS). <https://www.iaea.org/resources/databases>

*В.А. Грачев, студ. (РХТУ им. Д.И.Менделеева, Москва);рук.
А.Б. Сазонов, к.х.н., доц. (НИЦ «Курчатовский Институт», Москва)*
**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРИТИЯ МЕЖДУ КОМПОНЕНТАМИ
ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ РЕАКТОРА ТИПА ВВЭР В ПРОЦЕССЕ
ЕГО ИОНООБМЕННОЙ ОЧИСТКИ**

На сегодняшний день проблема удаления трития из теплоносителя 1-го контура ВВЭР остается нерешенной. Накопления трития в 1-м контуре вызывает общее повышение активности и влечет за собой дополнительную радиационную нагрузку на персонал АЭС, а так же на окружающую среду. Это делает актуальным исследование распределения трития между компонентами теплоносителя в процессе ионообменной очистки.

Для различных форм H_3BO_3 в растворе были получены константы изотопного равновесия трития K_T расчетом методом функционала плотности (V3LYP//6-311g**) в программе Orca 3.0.3 экспериментальным методом квазиравновесного испарения. Активность трития измеряли на жидкостном сцинтилляционном спектрометре 300-SL. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Константы равновесия изотопного обмена НТО и H_3BO_3 при 20 °С

Эксперимент		Расчет	
Серия экспериментов	K_T	Форма борной кислоты	K_T
1	1,217	H_3BO_3	1,31
2	1,776	$B_3O_3(OH)_3$	1,42
3	1,849	$[B(OH)_4]^-$	1,22
Среднее по трем опытам	1,557	$[B_3O_3(OH)_4]^-$	1,28

Были также проведены эксперименты по ионообменной фильтрации раствора H_3BO_3 (0,133 М) с тритиевой меткой на ионообменной смоле в различных ее формах при 25 °С. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты экспериментов по ионообменной фильтрации

Форма смолы	Пропущенный объем (колоночный) до содержания трития 50% от начального	Концентрация трития при пропуске 10 колоночных объемов (доли от начальной)
H^+	1,0	0,97
NH_4^+	1,9	0,96
OH^-	0,5	0,93
$H_2BO_3^-$	1,7	0,96
ФСД (1:1)	2,0	0,96

Результаты экспериментов по ионообменной фильтрации говорят о том, что организация изотопной очистки теплоносителя 1-го контура от трития на ионообменной смоле не обеспечит требуемого эффекта очистки. Однако эта информация может быть использована в последующих поисках решения задачи удаления трития из теплоносителя 1-го контура.

**Ю.В. Бондаренко, асп.; рук-ль М.М. Каверзнев, к.т.н., доц. (НИУ МЭИ)
МОДЕЛЬ СТОИМОСТНОЙ ОЦЕНКИ ВАРИАНТОВ АЭС С САТЭ
НА ОСНОВЕ ПОДХОДОВ COST ESTIMATING**

В настоящее время системы аккумулирования тепловой энергии (САТЭ) рассматриваются в мире как конкурентоспособная альтернатива прямому аккумулированию [1], [2], [3].

В настоящей работе рассмотрен вариант энергоблока АЭС ВВЭР-1200 с САТЭ, в котором номинальная тепловая мощность реакторной установки (РУ) существенно ниже номинальной тепловой мощности паротурбинной установки (ПТУ). Исходный проект [4], при всех достоинствах, малопригоден к работе в условиях длительных глубоких ночных разгрузок в силу ограниченных форсировочных возможностей паротурбинной установки (невозможно выдать накопленную энергию).

Стоимостные оценки выполнены с использованием подходов Cost Estimating [5], активно используемых при анализе АЭС 4-го поколения [6] и позволяющими в ряде случаев избежать трудоемких инженерных расчетов. Оценки выполнены с учетом реального состава и стоимостей оборудования реакторного отделения и САТЭ.

В работе показано, что рассмотренная конфигурация энергоблока позволяет существенно (до 15-20%) снизить стоимость ядерного острова и АЭС в целом, сохраняя возможности работы в суточном графике регулирования при длительных глубоких ночных разгрузках.

Разработанная модель позволяет учесть эффект от перехода к 3 и 2 петлевой компоновке и может быть использована при технико-экономических оценках работы АЭС в переменном режиме.

Литература

1. **C. Forsberg at all.** Coupling heat storage to nuclear reactor for variable electricity output with baseload reactor operation. - The Electricity Journal 31 (2018), 23-31.
2. **K. Wang at all.** Lithium–antimony–lead liquid metal battery for grid-level energy storage. - Nature 514, 348–350.
3. **Абросимова Н.И., Каверзнев М.М.** К вопросу о конкурентоспособности системы аккумулирования тепловой энергии как способа организации маневренного режима АЭС. - Вестник МЭИ, 2015, № 3, с. 22-27.
4. **Бельский А.А., Чаховский В.М.** Оценка технической возможности и экономической целесообразности работы АЭС с ВВЭР в маневренных режимах за счет использования тепловых аккумуляторов энергии во втором контуре. //Журнал «Росэнергоатом». <http://www.rosenergoatom.info>.
5. **Cost estimating guidelines for generation IV nuclear energy systems.** Revision 4.2. September 26, 2007. Printed by the OECD Nuclear Energy Agency for the Generation IV International Forum. – 181p.
6. **Generation IV International Forum (GIF).** <https://www.gen-4.org>

В.Э. Беляева, асп.; рук-ль О.И. Мелихов, д.ф.-м.н. (НИУ МЭИ)
**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕЧЕНИЯ
ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА**

В настоящей работе проведено моделирование режимов течения двухфазных водо-воздушных потоков с помощью CFD кодов [1],[2]. Данное исследование важно при расчетах аварийных режимов АЭС, в которых реализуются различные режимы течения, а также для обоснования проектных решений, обеспечивающих повышенные характеристики безопасности и экономической эффективности энергоблоков

Численное моделирование проводилось для горизонтального и вертикального каналов, длина которых достаточна для моделирования стабилизированного двухфазного потока. Подача воздуха осуществлялась через три участка различной перфорации. Подача воды осуществлялась в нижнюю часть канала для вертикального участка, и со стороны воздушных камер для горизонтального участка.

Оценки режимов течения водо-воздушных потоков осуществлялись с учетом изменения объемного расхода воздуха при постоянном расходе воды. Данные итерации проводились для нескольких массовых расходов жидкости.

Выполненное моделирование показало, что

- 1) режимы течения паро- и газожидкостных потоков разнообразны, зависят как от соотношений объемных содержаний фаз в канале, так и от ориентации канала;
- 2) переход между режимами течения – плавный процесс, поэтому существует трудность в определении границ между режимами;
- 3) простейший метод определения режимов течения – визуальное наблюдение, неточен из-за оптических помех;
- 4) получены карты режимов течения для вертикального и горизонтального каналов, как инструментов для приближенной оценки режимов потоков.

Литература

1. **Сергиевский Э.Д., Овчинников Е.В., Крылов А.Н.** Применение комплекса численного моделирования FLUENT для задач промышленной энергетики. // М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 80с.
2. **Лабунцов Д.А., Ягов В.В.** Механика двухфазных систем: учебное пособие для вузов. // М.: Издательство МЭИ, 2000. – 374 с.

Секция 40
ПРОБЛЕМЫ ТЕРМОЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
И ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Руководитель секции: Дедов Алексей Викторович

Секретарь секции: Лубенченко Александр Владимирович

*В.А. Ячук, О.Н. Павлов, студ.; И.А. Лашков асп.; рук. А.В. Лубенченко, проф.
(НИУ «МЭИ»)*

АНАЛИЗ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПЛЕНОК ХРОМА МЕТОДОМ РЕНТГЕНОВСКОЙ ФОТОЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ С УГЛОВЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ.

В современном мире хром нашел своё применения в различных областях науки и техники. Например, его используют для создания устойчивых к коррозии слоёв.

Несмотря на то, что тонкие и ультратонкие пленки хрома имеют широкое применение, проведено не так много исследований связанных с его структурным, фазовым составом.

В работе исследовались окисленные на воздухе тонкие и ультратонкие пленки хрома (5, 10, 15, 50 нм) на кремниевой подложке. Пленки были нанесены методом магнетронного напыления на установке Leybold Univex 450 (институт исследований твердого тела и материалов им. Лейбница, Дрезден, Германия). Толщины пленок при напылении контролировались с помощью кварцевых весов.

Анализ пленок проводился методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) проводился на высоковакуумном аналитическом комплексе электронно-ионной спектроскопии на базе платформы Нанофаб 25. Метод РФЭС с угловым разрешением [1] дает возможность провести неразрушающий послойный анализ тонких, неоднородных пленок. Вариация углов осуществлялась вращением мишени относительно направления на энергоанализатор. Изменяя углы, мы получили спектры при различной глубине зондирования, благодаря чему и возможно сделать послойный анализ пленок. Углы между нормалью к поверхности и энергоанализатором были равны: 0°, 40°, 60°, 70°, 66° По полученным данным проводились вычисления и обработка спектров методом [2].

В результате анализа плёнок было установлено распределение соединений по слоям и их толщины. Обнаружено и проанализировано место где окислился хром, то есть образовал пассивирующую пленку.

Литература.

1. **Лубенченко А.В., Ячук В.А., Павлов О.Н.** РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА: Двадцать четвертая Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. — М.: ООО «Центр полиграфических услуг „Радуга“», 2018. — 1120 с.
2. **Lubchenko A. V. et al.** XPS study of multilayer multicomponent films //Applied Surface Science. 2018. V.427. P.711-721.

Д. С. Лукьянцев студ.;

рук-ли: А. В. Лубенченко, д.т.н.; Д. А. Иванов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ УЛЬТРАТОНКИХ ПЛЁНОК NbN МЕТОДАМИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ФОТОЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ И СПЕКТРОСКОПИИ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОНОВ

Применение ультратонких плёнок из NbN является перспективным в криоэлектронике. Они являются основой для смесителей на эффекте электронного разогрева в сверхпроводящих плёнках (HEB-hotelectronbolometermixer)[1].

В данной работе методами рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) и спектроскопии характеристических потерь энергии электрона (СХПЭЭ) проводились исследования наноразмерных плёнок нитрида ниобия путём профилирования ионами аргона [2]. Плёнки такой толщины были изготовлены методом магнетронного напыления. Все эксперименты были проведены с помощью высоковакуумного аналитического комплекса электронной и ионной спектроскопии на базе платформы Нанофаб-25 на кафедре ОФиЯС НИУ «МЭИ». Методы РФЭС и СХПЭЭ позволяют провести неразрушающий послойный количественный и качественный анализ тонких плёнок. Ионное профилирование выполнялось при помощи ионной пушки IQE 12/38, которая обеспечивает высокую однородность плотности ионного тока и повторяемость формы кратеров на заданной области поверхности образца. Анализ полученных спектров выполнялся путём разложения рентгеновских линий на основе физической модели [2], которая позволяет проводить разложение этих линий на парциальные пики. По интенсивности и положению пиков можно рассчитать степени окисления химических элементов и провести послойный анализ ультратонкой плёнки.

В процессе послойного анализа плёнки NbN были определены зависимости влияния распыления на химические сдвиги $N_{x}O_{x}$, $Nb_{x}N_{x}O(1s)$, $N(1s)$ и на степени окисления Nb, а также на относительные концентрации элементов. Было обнаружено изменение фазового строения поверхности, увеличение степени окисления Nb в соединении $Nb_{x}N_{x}$.

Литература

- [1] **D. Meledin and other.** «A 1.3-THz Balanced Waveguide HEB Mixer for the APEX Telescope», IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2009, V. 57(1), p. 89–98.
- [2] **A. V. Lubenchenko, A. A. Batrakov, A. B. Pavolotsky, O. I. Lubenchenko and D. A. Ivanov.** «XPS study of multilayer multicomponent films», Applied Surface Science, V. 427(2018), p. 711–721.

*Р.С. Чеботарев, асп. (НИУ «МЭИ»),
рук. А.В. Тимофеев д.ф.-м.н., г.н.с. (НИЦ «Курчатовский институт»)*

Решение волнового уравнения ЭЦР-колебаний плазмы в неоднородном магнитном поле

Электронное циклотронное резонансное (ЭЦР) взаимодействие используется для нагрева плазмы и её диагностики. Неоднородность магнитного поля, характерная для магнитных плазменных ловушек, ограничивает время резонансного взаимодействия, а следовательно, и его интенсивность, и поэтому должна обязательно учитываться при анализе ЭЦР-взаимодействия, пригодном для описания реальных систем. В известной литературе не полностью проанализирована задача об ЭЦР-взаимодействии пучка электронов, движущегося в монотонно меняющемся с координатой магнитном поле [2]. Для немонотонно меняющегося магнитного поля известен лишь анализ предельных случаев слабого и сильного ЭЦР-взаимодействия [1].

В работе получена квазиклассическая асимптотика решения волнового уравнения для покоящейся плазмы в магнитном поле параболического профиля, осуществлено численное решение уравнения и установлена осцилляционная зависимость коэффициентов взаимодействия от частоты волны, а также её интерференционная природа.

Рассмотрена задача для пучка электронов. Для случая падения волны со стороны меньшего поля впервые получены аналитические асимптотики. Корректность решения подтверждена проверкой выполнения закона сохранения энергии. Из результатов следует, что при падении со стороны меньшего поля волна слабее взаимодействует с плазмой, чем со стороны большего.

Проанализировано ЭЦР-взаимодействие модулированного пучка электронов с магнитным полем, изменяющимся по линейному закону при падении пучка как со стороны большего и меньшего магнитного поля. Определены коэффициенты прохождения псевдоволны и волны основного типа и коэффициент отражения основной волны. Аналитически показано равенство данных коэффициентов для случаев падения пучка с обеих сторон.

Литература

1. Тимофеев А.В. Теория циклотронного нагрева в длинных адиабатических ловушках // Физика плазмы. 1975. Т. 1, вып. 1.
2. Brambilla M. Self-Consistent Propagation of an Electromagnetic Wave and Power Absorption at the Electron Gyroresonance in a Plasma Immersed in a Non-Uniform Magnetic Field // Nucl. Fusion. 1969. No. 9.

З.А. Заклецкий, студ.; рук. В.П. Будаев, д.ф.-м.н. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРОЗИИ ТУГОПЛАВКИХ МАТЕРИАЛОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПЛАЗМЫ ПРИ ДУГОВЫХ ПРОЦЕССАХ В ТЕРМОЯДЕРНЫХ УСТАНОВКАХ И ИТЭР

Анализ поверхности вольфрамовых пластин после плазменных испытаний в токамаке Т-10 выявил эффекты дугообразования. Эти эффекты наблюдались на краях вольфрамовых пластин. Условия в плазменном слое над шероховатой поверхностью и расплавом благоприятны для формирования дуг и искр [1].

Множественные эффекты эрозии, такие как растрескивание, плавление поверхностного слоя, движение расплавленного металла по поверхности, рекристаллизация расплавленного слоя формируют шероховатую поверхность [2].

Воздействие униполярных дуг и искр на взаимодействие плазмы с поверхностью может привести к повышенному переносу тепла от плазмы к поверхности и к охлаждению плазмы за счет неамбиполярного потока. Эффекты дугообразования должны учитываться для прогнозирования и оценки эрозии диверторных вольфрамовых пластин в ИТЭР.

В работе для условий плазмы в токамаке Т-10, установке ПЛМ получены результаты расчетов критических токов эмиссии, приводящих к взрывной эмиссии (эктонного механизма) и формированию дуги, на поверхности вольфрама с развитой поверхностью различной шероховатости.

Оценены параметры дуговой эрозии вольфрама при различной степени шероховатости. Приведены оценки возможной дуговой эрозии для вольфрамового дивертора в международном токамаке ИТЭР.

Литература

1. **Будаев В.П.** Результаты испытаний вольфрамовых мишеней дивертора при мощных плазменно-тепловых нагрузках, ожидаемых в ИТЭР и токамаках реакторного масштаба. — ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез, 2015, т. 38, вып. 4, с. 5-31.
2. **Будаев В.П., Федорович С.Д., Лукашевский М.В., Мартыненко Ю.В.** Плазменная установка НИУ «МЭИ» для испытаний тугоплавких металлов и создания высокопористых материалов нового поколения. — ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез, 2017, т. 40, вып. 3, с. 23-36.

А.К. Смирнова, студ.; рук. А.В. Краюшкин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

**АНАЛИЗ РАСЧЕТОВ ВЫХОДА РАДИОНУКЛИДОВ ПОД
ОБОЛОЧКУ ТВЭЛОВ ПРИ ТЯЖЕЛЫХ АВАРИЯХ С
РАЗОГРЕВОМ ТОПЛИВА**

Известно, что одной из важных составляющих анализа радиационных последствий аварий является решение задачи определения выхода радионуклидов (РН) из таблеток диоксида урана, представляющего собой первый барьер безопасности. Данная задача может быть решена с помощью использования уравнения диффузии. Коэффициент диффузии при этом является функцией температуры таблетки. Трудностью при использовании уравнения диффузии является то, что основной выход РН происходит не через геометрические поверхности таблетки, а через поверхности пор между зернами диоксида [1].

В настоящей работе рассматривается задача накопления радионуклидов в топливе РБМК и последующий их выход под оболочку. Рассмотрена модификация уравнения диффузии, позволяющая учесть выход через внутренние поры. Приведены результаты верификации полученной модели и некоторые результаты расчетов для топлива РБМК.

Литература

1. *Л.М. Лузанова, П.Д. Славягин* “Выход радиоактивных продуктов деления из негерметичных твэлов на основе спеченной двуокиси урана”. Препринт ИАЭ-3723/4, М.1983.
2. *P.A. Jackson, J.A. Tumbult, R.J. White* “Enigma fuel performance code”, Nucl. Energy 1990, 29, №2, Apr, p.107-114.

М.В. Петрушков, ст.; рук. Е.Д. Казаков, к.ф.-м.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕНЕВОГО ФОТОГРАФИРОВАНИЯ
ПЛАЗМЫ, ВОЗНИКАЮЩЕЙ В ДИОДНОМ ЗАЗОРЕ УСТАНОВКИ
КАЛЬМАР.

В настоящей работе представлена разработанная система теневого фотографирования на сильноточном импульсном ускорителе электронов Кальмар, а также испытания системы световой метки для электронно-оптического регистратора СФЭР-6.

Система теневого фотографирования разрабатывалась для установки Кальмар[1], которая представляет собой сильноточный ускоритель электронов.. Параметры ускорителя: энергия электронов $E=200-300$ кэВ, ток пучка электронов $I=10-45$ кА, длительность импульса на полувысоте 100 нс.

На рисунке 1 представлена схема регистрации. Изображение диодного зазора 1 установки Кальмар 2 строится линзой 3 с помощью делителей пучка на фотокатоде электронно-оптического преобразователя 5 работающего в режиме сканирования и высокоскоростной камеры 6. С экрана электронно-оптического преобразователя изображение считывается цифровой фотокамерой на основе цифровых камер SLR.

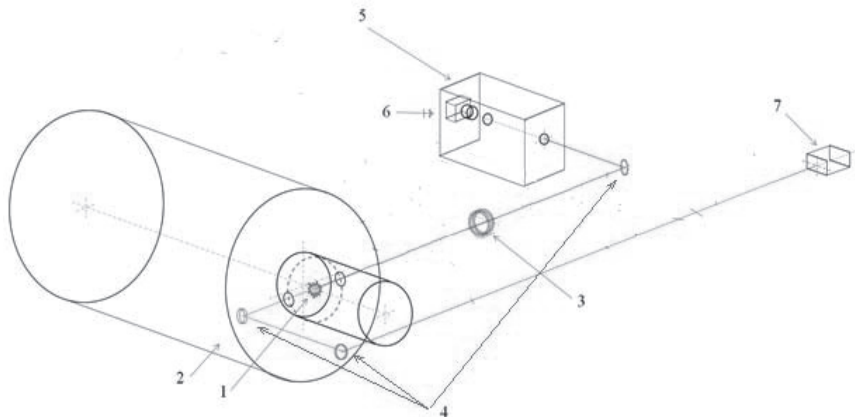


Рисунок 1. Схема оптической диагностики. Цифры обозначают: 1 – диодный зазор, 2 – установка Кальмар, 3 – объектив, 4 – зеркала, 5 – регистратор, 6 – фотографирующее устройство, 7 – диагностический лазер

Получены синхронизированные по времени и совмещенные изображения хода тока пучка и теневого изображения заполнения диода плазмой.

Литература

1. **Б.А. Демидов, М.В. Ивкин, В.А. Петров, С.Д. Фанченко.** Импульсный электронный ускоритель «Кальмар» с плотностью мощности РЭП до $5 \cdot 10^{12}$ Вт/см²//Атомная энергия.1979. Т 46. № 2. с. 100—104

*Н. С. Чемоданов, студ.(НИУ «МЭИ»);
рук.А.В. Переславцев, к.т.н. (НИЦ «Курчатовский институт»)*

Разработка электродугового плазмотрона для переработки радиоактивных отходов

Основываясь на опыте эксплуатации установки плазменной переработки радиоактивных отходов (РАО) НВАЭС предложена более совершенная конструкция плавильной камеры плазменной печи. Для обеспечения отсутствия температурных перекосов предлагается использовать 4 плазмотрона по 100 кВт вместо 2-х плазмотронов по 200 кВт в плазменной печи комплекса плазменной переработки РАО НВАЭС.

На базе конфигурации электродугового плазмотрона, предложенной в [1] были выполнены расчёты вольтамперных характеристик по методике, изложенной в [2]. Геометрические параметры рабочей части плазмотрона: $l_{100}=200$ мм и $d_{100}=15$ мм – соответственно, длина и диаметр анодного канала; $d_c=18$ мм и $L_c=27$ мм – внутренний диаметр и глубина катода. Используется термохимический катод с семью гафниевыми вставками диаметром 3 мм и длиной 12 мм. Подача воздуха в канал – тангенциальная через 6 отверстий диаметром 1,6 мм, выполненных в межэлектродной вставке.

Вольтамперная характеристика рассчитана по модели Штейнбека [2] в среде MATLAB (Рис. 1).

Разработан чертёж общего вида плазмотрона ЭДП-100 в рабочей среде AutoCAD.

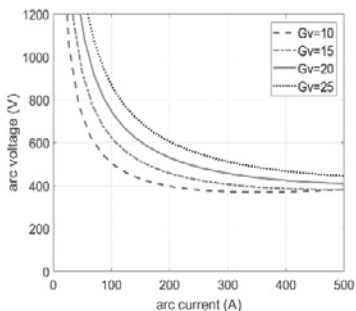


Рис.1. Вольтамперные характеристики плазмотрона ЭДП-100 для различных значений объемного расхода воздуха (норм. м³/час).

Литература

1. Электродуговой плазмотрон постоянного тока для установок по плазменной переработке твердых отходов. Патент на изобретение №:2392781. / Вошинин С. А., Переславцев А. В., Тресвятский С. С. / RU 2392781 С1, Заявка 2009105471/28, 18.02.2009, опубликовано: 20.06.2010 Бюл. №17
2. V.G.Gnedenko, A.A.Ivanov, A.V.Pereslavitsev, S.S.Tresviatsky // Calculation of DC arc plasma torch voltage-current characteristics based on Steenbeck model / Вопросы атомной науки и техники. Серия «Плазменная электроника и новые методы ускорения», Украина, Харьков, 2006, № 5, с. 75 - 79.

*Д.А. Бурмистров, Д.Е. Грабовский, студ.; Ю.Н. Бодиско, асп. ;
Рук. В.П. Афанасьев, д.ф.-м.н. (НИУ «МЭИ»)*

СПЕКТРОСКОПИЯ ОТРАЖЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ АНАЛИЗА СЛОИСТО-НЕОДНОРОДНЫХ ОБРАЗЦОВ НА ПРИМЕРЕ ТРЕХСЛОЙНОЙ Nb-Al-Nb МИШЕНИ

Комбинация Nb-Al-Nb является одной из лучших для получения так называемого джозефсоновского перехода, который является основой сверхпроводниковой электроники. Прослойка, заключенная между двумя слоями сверхпроводника, полностью определяет характеристики джозефсоновского перехода. Для определения параметров мишени, толщины слоя Nb прослойки Al, имитирующей джозефсоновский переход, был выбран метод СОЭ.

Метод Спектроскопии Отраженных Электронов (СОЭ) позволяет определять послыйный профиль исследуемых образцов на глубинах порядка транспортного пробега электрона $-l_{tr}$. Наиболее сложной и трудоемкой стороной при реализации СОЭ является процедура расшифровки энергетических спектров с целью получения послыного профиля исследуемой мишени. В настоящей работе для описания энергетического спектра электронов, отраженных от трехслойной мишени будем использовать метод парциальных интенсивностей (МПИ) [1,2].

Для построения спектров отраженных электронов требуется найти нормированные дифференциальные сечения неупругого рассеяния. Их определение проводилось на основе процедуры подбора, фитинга, с использованием в качестве подгоночных функций функции Гаусса с двумя варьируемыми параметрами. Полное сечение неупругого рассеяния были выбраны в соответствии с данными NIST (The National Institute of Standards and Technology).

Для описания купольной части спектра, которая в методе СОЭ играет определяющую роль, был выбран простой метод расчета дифференциальных сечений неупругого рассеяния, что позволило создать оптимально простую методику обработки экспериментальных данных.

Литература

1. **Afanas'ev V.P., Fedorovich S.D., Lubenchenko A.V., Ryjov A.A., Esimov M.S.** Kilovolt electron backscattering. // *Z. Phys. B. Cond. Mat.* 1994. v. 96. p. 253-259.
2. **Werner W.S.M.** Partial Intensity Analysis (PIA) for Quantitative Electron Spectroscopy // *Surf. Interface Anal.* 1995. v. 23. p. 737-752.

*Д.А. Бурмистров, Д.Е. Грабовский, студ.; Ю.Н.Бодиско, асп. ;
Рук. В.П. Афанасьев, д.ф.-м.н. (НИУ «МЭИ»)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ПРОНИКНОВЕНИЯ (ИМПЛАНТИРОВАНИЯ) ДЕЙТЕРИЯ В БЕРИЛЛИЕВУЮ МИШЕНЬ МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ ОТРАЖЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ.

Контроль содержания водорода в конструкционных материалах имеет определяющее значение в водородной энергетике. Особый интерес представляет решение задачи контроля глубины проникания изотопов водорода в первую стенку на установках термоядерного синтеза.

В качестве основного метода в данной работе был выбран метод СОЭ, так как он не требует высокого энергетического разрешения аппаратуры, вполне достаточно, если относительные потери энергии будут составлять около 1%, не требуется создания сверхвысокого вакуума, вполне достаточны условия рабочего давления на уровне 10^{-6} мм.рт.ст. Наиболее сложной и трудоемкой стороной при реализации СОЭ является процедура расшифровки энергетических спектров с целью получения послынного профиля исследуемой мишени.

В данной работе образец рассматривался как трехслойная модель: наполобесконечную бериллиевую подложку были последовательно напылены слои дейтерида бериллия и чистого бериллия (Be/BeD/Be).

Относительная концентрация дейтерия, имплантированного в бериллий, определяется на основе расшифровки спектровСОЭ. Для их определения используется метод парциальных интенсивностей [1,2], основанный на решении граничной задачи для уравнения переноса методом инвариантного погружения. Восстановление дифференциальных сечений неупругого рассеяния строится на фитинг процедуре, базирующейся на многократном решении прямой задачи, с подгоночными параметрами.

В работе получены расчётные спектры рассеяния электронов как на чистом (Be), так и на трехслойном (Be/BeD/Be) образцах. Определены глубины проникновения атомов дейтерия в бериллиевую мишень.

Литература

1. **Afanas'ev V.P., Fedorovich S.D., Lubenchenko A.V., Ryjov A.A., Esimov M.S.** Kilovolt electron backscattering. // *Z. Phys. B. Cond. Mat.* 1994. v. 96. p. 253-259.
2. **Werner W.S.M.** Partial Intensity Analysis (PIA) for Quantitative Electron Spectroscopy // *Surf. Interface Anal.* 1995. v. 23. p. 737-752.

Д.Ю.Семашкин, студ.; рук. Д.А.Иванов, к.т.н., доц.(НИУ «МЭИ»)
**ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И РАСЧЁТ МАКЕТА
МОНОБЛОКА ДИВЕРТОРА ИТЭР С
ЦЕЛЮ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ
ПОВЕРХНОСТИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ
ВЫСОКОИНТЕНСИВНОГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКА**

Целью доклада является прогнозирование температуры поверхности маломасштабного макета дивертора ИТЭР под воздействием высокоинтенсивного теплового потока. В качестве прототипа выбран полностью вольфрамовый моноблок дивертора с внешней вертикальной мишенью.

В процессе эксплуатации реактора материалы дивертора подвергаются мощным тепловым потокам, а также корпускулярным потокам нейтронов, ионов водорода, деи́терия, гелия, атомов распыленных материалов и др. Энергетические нагрузки на пластины дивертора в случае срывов плазменного шнура могут достигать значений $\sim 5-10 \text{ МВт/м}^2$ в стационарном режиме [1].

С целью проведения теплогидравлического расчета была построена типичная трехмерная расчётная модель макета, максимально отвечающая заданным параметрам объекта исследований. Построение расчетной области для вычисления поля распределения температур макета производилось в программном пакете ANSYS. Моделирование проводилось для условий стационарного режима работы дивертора при воспринимаемых тепловых нагрузках 10, 15 и 20 МВт/м². Теплоноситель, охлаждающий моноблок дивертора, прокачивается со скоростью 11 м/с под давлением 3,9 МПа и имеет температуру на входе 70°C.

В результате моделирования заданных условий режима стационарной тепловой нагрузки на макет (с наложенной на него расчётной сеткой) был определен характер распределения полей температуры по объему моноблока дивертора. Проведенные расчеты при максимальном тепловом потоке на стенку 20 МВт/м² показали, что максимальная температура поверхности вольфрамового блока может достигнуть 3480 К, что ниже температуры плавления вольфрама.

В работе также представлены возможные пути интенсификации теплообмена (закручивание потока теплоносителя в трубках при помощи скрученных лент, проектирование каналов особой формы и т.п.).

Литература

1. Калинин Б.А., Сучков А.Н., Федотов В.Т., Севрюков О.Н., Мазуль И.В., Маханьков А.Н. Аморфный ленточный припой на основе меди. ФГБОУ ВПО «НИУ «МИФИ», 2012.

Д.Ю.Семашкин, студ.; рук. Д.А. Иванов, к.т.н., доц.(НИУ «МЭИ»)

ОРГАНИЗАЦИЯ САД-РАБОТЫ В ITER

Работа посвящена виртуальному проектированию, т.е. созданию и конструированию объемной трехмерной фотореалистичной визуализации физического объекта на экране компьютера применительно к проекту ИТЭР(Международный экспериментальный термоядерный реактор). В докладе определены этапы виртуальнопроектирования конструкционных элементов систем, описывающие жизненный цикл изделий –деталей и сборочных единиц. Реактор состоит из тысяч систем, которые включают в себя более десяти миллионов деталей. Многообразие взаимосвязанных и взаимодействующих систем установки и их интерфейсов не позволяет разработать конструкцию реактора без применения «систем автоматизированного проектирования - САПР». Окончательно спроектировать и утвердить конструкцию той или иной системы ИТЭР можно только, основываясь на точном расположении окружающих её различных систем (вакуумной, криогенной и т.д.); расположении охлаждающего оборудования; трассировки кабелей и воздухопроводов; размещении и компоновки внутри здания. Опираясь на перечисленные выше входные данные и техническое задание, создаются трехмерные электронные геометрические модели изделия (далее – «модели»), и выпускаются производственные чертежи. Процесс создания модели (далее – «моделирование») узлов и систем ИТЭР ведется в программном пакете «CATIA v5» французской фирмы Dassault Systemes с применением системы управления данными изделия ENOVIA, которая позволяет вести параллельное проектирование в едином пространстве (database) с вовлечением в процесс работы над моделями множества разработчиков, при этом строго выдерживается единый стандарт проектирования для всех узлов и деталей [1].

Моделирование с применением САПР и систем управления данными изделия позволяет сократить время на разработку за счет мгновенного обмена информационными потоками и быстрого отслеживания реального состояния проекта. При этом уменьшаются затраты на создание изделия за счет повышения качества проектирования, возможности более детально и глубоко прорабатывать любые проектно-конструкторские решения.

Литература

1. Mann.J., Werner W. CAD Manual 04-3 Mechanical Design Methodologies: guideline, 2014.

О.Н. Павлов, В.А. Ячук, студ.;
рук. А.В. Лубенченко, д.т.н., проф.(НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ НАНОМЕТРОВЫХ ПЛЕНОК СИЛИЦИДА ВОЛЬФРАМА МЕТОДОМ РЕНТГЕНОВСКОЙ ФОТОЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ.

С развитием научно-технического прогресса наноэлектроника приобрела большое значение для человечества. Поиск перспективных материалов для наноэлектронной промышленности является важным направлением в научных исследованиях. Силицид вольфрама – один таких материалов, представляющих интерес. На основе наноструктуры WSi созданы сверхпроводниковые однофотонные детекторы SSPD, обладающие высоким быстродействием и рекордной квантовой эффективностью.

Силицид вольфрама отличается своей устойчивостью к окислению. В связи с этим вызывает интерес детальный послойный анализ окисленных на воздухе ультратонких пленок.

В работе исследовались нанометровые плёнки WSi_x на подложке из сапфира и кремния методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. В ходе экспериментов был проведен анализ пошагового распыления верхнего слоя пленки ионами аргона высокой чистоты. Далее было проведено исследование кратковременного окисления пленки на открытом воздухе. На каждой стадии были получены спектры для анализа изменения послойного и фазного состава пленки. Эксперименты проводились на высоковакуумном аналитическом комплексе электронно-ионной спектроскопии на базе платформы Нанофаб 25. Послойный анализ проводился методом [1].

В результате данной работы был проанализирован процесс окисления тонких пленок и влияние ионного распыления на послойный химический состав тонких пленок. Обнаружено различие в распылении оксидов вольфрама и оксидов кремния. Найден послойный и фазовый состав исследуемых ультратонких пленок.

Литература

1. **Lubenchenko A. V.** et al. XPS study of multilayer multicomponent films //Applied Surface Science. 2018. V.427. P.711-721.

Д.А. Лахарев, студ.; И.А. Хазиев, асп.; рук. А.В. Дедов, д.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ПРОЦЕСС ПУЗЫРЬКОВОГО ПОВЕРХНОСТНОГО КИПЕНИЯ

В производстве теплообменных устройств, которые в большинстве случаев являются одними из самых габаритных и металлоёмких частей энергетических установок, огромное внимание уделяется снижению затрат на их производство. Исследования интенсификации теплообмена осуществляются в различных странах, причем в заметно возрастающем темпе.

В работе подробно рассматривается влияние модифицированных свойств поверхностей на интенсификацию теплообмена при пузырьковом кипении жидкости. Приводится конструкция экспериментальной установки. Представлены результаты исследования образцов, полученных путём различных обработок алюминиевых, стальных и медных поверхностей, в том числе: плазменным и электронным пучками, лазером, нанесением наночастиц углеродистого материала (рис. 1). Также для сравнения приведены теоретические значения кривых кипения по формулам Лабунцова и Ягова [1, 2]. В качестве жидкости использован R113 (трифтортрихлорэтан $C_2F_3Cl_3$).

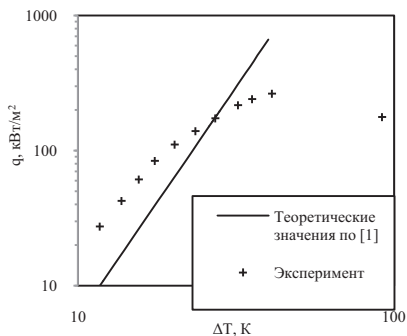


Рис. 1. Пример кривых кипения для алюминиевого образца толщиной 3 мм.

Литература

1. **Ягов В.В.** Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях. М.: Издательство МЭИ, 2014. 542 с.
2. **Лабунцов Д.А.** Физические основы энергетики. М.: Издательство МЭИ, 2000, 388 с.

А.А. Курило, асп.; рук. Е.Д. Казаков, к.ф.-м.н., доц. (НИУ «МЭИ») М.Г. Стрижаков, ассистент, мл.науч.сотр. (НИЦ «Курчатовский институт»)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ТЕНЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ УДАРНЫХ ВОЛН В ОРГСТЕКЛЕ.

Теневые методы широко применяются для визуализации прозрачных фазовых неоднородностей при исследовании качества оптических деталей, а также в аэродинамических исследованиях. Также методы теневого и шпирен фотографирования широко используются для исследования плазмы и ударно-волновых процессов.

Данная работа является продолжением экспериментов, описанных в работе [1], в которой изучалось воздействие электронного пучка на мишень из оргстекла. Для реализации лазерной теневой диагностики использовался твердотельный лазер с активным элементом из ортоалюмината иттрия с неодимом и электронно-оптический преобразователь СФЭР-6, работающий в режиме щелевой развертки. Такой подход позволил измерить скорость распространения фронта ударной волны и откольной тарелочки, вылетающей с задней поверхности облучаемого образца.

Эксперименты проводились на сильноточном электронном ускорителе «Кальмар» [2]. В качестве мишеней использовались образцы из оргстекла толщиной 8 мм. Ускоритель работал в следующем режиме: энергия электронов $E=240-300$ кэВ, ток пучка электронов $I=20-45$ кА, длительность импульса на полувысоте 100 нс. Средний пробег электронов при энергиях от 240 до 300 кэВ составляет от 0,5 до 0,7 мм [3]. Диаметр фокального пятна пучка, который определялся с помощью рентгеновской камеры-обскуры с отверстием диаметром 1,5 мм и уменьшением в 1,25, в различных экспериментах составлял от 10 до 20 мм.

Получены теневые изображения распространения фронта ударной волны в выбранных образцах. В проделанных опытах измерена скорость распространения фронта ударной волны, которая составила 3,5-5,5 км/с.

Работа выполнена при поддержке НИЦ «Курчатовский институт» (приказ от 06 июля 2018 №1615).

Литература

1. **В.А. Demidov, M.V. Ivkin, Ju.G. Kalinin, A.Ju. Shachkov.** Proceedings of the Eighth international conference on high-power particle beams. July 2-5 1990. Novosibirsk, USSR, vol.2, p.709-714.
2. **Б.А. Демидов, М.В. Ивкин, В.А. Петров, С.Д. Фанченко.** Импульсный электронный ускоритель «Кальмар» с плотностью мощности РЭП до $5 \cdot 10^{12}$ Вт/см²//Атомная энергия.1979. Т 46. № 2. с. 100—104
3. <http://physics.nist.gov/PhysRefData/Star/Text/ESTAR.html>

Секция 41

ТЕПЛОФИЗИКА

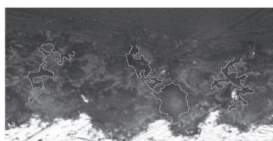
Руководитель секции: Синкевич Олег Арсеньевич

Секретарь секции: Глазков Василий Валентинович

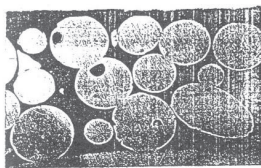
А.С. Киселев, студ.; рук. Ю.А. Кузма-Кичта, д.т.н., проф. (ННУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЧИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ С ПОКРЫТИЕМ

Поверхности с пористыми покрытиями широко используются в технике для улучшения теплоотдачи при кипении и транспорте жидкости в осушенные участки [1]. Для разработки эффективных покрытий необходимо исследовать смачивание поверхности с покрытиями. Целью работы является исследование зависимости краевого угла и высоты поднятия жидкости от характеристик поверхности с МДО-покрытием и микропористым покрытием. Статический краевой угол измеряется по методу лежащей капли. Высота капиллярного поднятия жидкости измеряется путём погружения образца в жидкость. Все образцы предварительно очищены. Рабочая жидкость вода. На поверхности образцов с помощью МДО формировались керамические покрытия на основе Al_2O_3 , средняя толщина покрытия достигает примерно 5 мкм [2]. Особенность МДО-покрытий состоит в том, что они имеют структурную неоднородность. На рисунке 1 представлены данные измерения краевого угла на поверхности с МДО-покрытием (рис. 1а) и поперечные сечения МДО-покрытия (рис. 1б) и спеченного микропористого покрытия (рис. 1с) покрытия из нержавеющей стали с толщиной 0.15 мм. Измерения проведены для трех точек, расположенных на расстоянии 20 мм друг от друга. Для каждой точки выполнено до десяти измерений краевого угла слева и справа капли. Как видно, величина краевого угла изменяется по поверхности от 70 до 90 град. Для микропористого покрытия с характерным размером частиц 70-90 мкм краевой угол близок к нулю. Высота капиллярного поднятия жидкости для образцов с МДО-покрытием и микропористым покрытием составила до 2,4 и 36 мм соответственно. Таким образом, для покрытий с краевым углом, стремящимся к нулю, высота поднятия жидкости увеличивается.

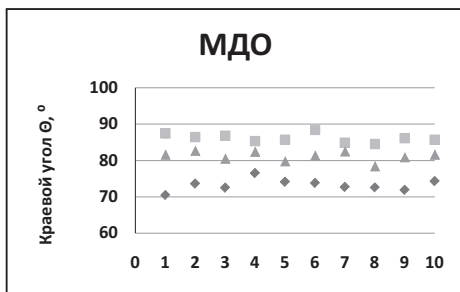


1б – МДО-покрытие



1с – спеченное покрытие

Рис. 1а Краевые углы для трех точек поверхности



Литература

1. Б.В. Дзюбенко, Ю.А. Кузма-Кичта, А.И. Леонтьев, И.И. Федик, Л.П. Холпанов «Интенсификация тепло- и массообмена на макро-, микро- и наномасштабах». Изд. ЦНИИАТОМ ИНФОРМ. 2008 г. 532
2. В.М. Жуков, Ю.А. Кузма-Кичта, А.В. Лавриков, К.И. Белов, В.А. Леньков «Интенсификация теплообмена при кипении различных жидкостей на сферах с покрытием сформированным методом микродугового окислирования (МДО)» Изд. «Наука и технологии». 2017 г. 537-543

*А.А. Карелина студент; рук. В.В. Глазков, к.т.н., доц.
(НИУ МЭИ, Москва)*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ЗАКРУТКИ БОЛЬШИХ КОНВЕКТИВНЫХ ВИХРЕЙ С ПОМОЩЬЮ ОДНОМЕРНОЙ МОДЕЛИ ГЛОБАЛЬНОЙ КОНВЕКТИВНОЙ ЯЧЕЙКИ

Рассматриваются процессы конвективного теплообмена и их влияние на закрутку тропических циклонов и торнадо. Предлагается механизм закрутки большого атмосферного вихря, отличный от предположения о доминировании при закрутке силы Кориолиса. Согласно предлагаемой гипотезе, механизм свободной конвекции играет определяющую роль как в исходной закрутке большого вихря, так и в последующем разгоне вихря, что изображено на рис. 1. Здесь 1 - конвективные валы; 2 - сдвиговое течение над конвективными валами; 3 - центр (глаз) циклона. Исходное сдвиговое течение над нагретой поверхностью приводит к тому, что из образующихся в зоне конвекции конвективных валов 1 «выживают» лишь те, циркуляция в которых сонаправлена с исходным сдвиговым течением 2. В результате развития естественной конвекции, течение в конвективных валах начинает опережать исходное сдвиговое течение и циклонический вихрь над конвективными валами получает дополнительную закрутку. Исследование предложенного механизма закрутки проводится с помощью одномерной модели глобальной конвективной ячейки [1].

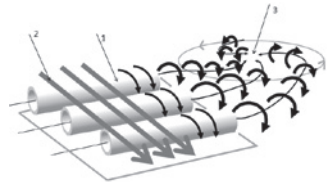


Рис.1. Предполагаемая структура течения в конвективной зоне тропического циклона

Рассмотрен также механизм закрутки мезомасштабных вихрей типа торнадо. В них силы инерции играют роль, полностью аналогичную силам плавучести в конвективной зоне циклона. Роль конвективных валов в данном случае играют вихри Гертлера [2].

Литература

1. **Свешников М.В.** Конвекция в сжимаемых средах при больших числах Рейлея. Дисс. на соискание степени кандидата наук: 01.04.14. НИУ «МЭИ». М.: 2017.
2. **Görtler, H.**, Dreidimensionales zur Stabilitätstheorie laminarer Grenzschichten // Z. Angew. Math. Mech., 35, pp. 362—363 (1955).

Б.Т.Т. Нгуен, студ; рук. Ю.Б. Смирнов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
КОНДЕНСАТОР ДЛЯ СИСТЕМЫ ИММЕРСИОННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ

Для решения проблемы эффективного охлаждения компьютерной техники в современных центрах обработки данных и майнинг-фермах в последнее время все шире применяются двухфазные системы иммерсионного охлаждения, где печатные платы с микропроцессорами, в которых выделяется тепло, погружают в ванну, заполненную диэлектрической низкокипящей жидкостью. В нашей работе для охлаждения компьютерной техники предлагается использовать жидкость Novac 7100, имеющую температуру насыщения 61°C при атмосферном давлении. В процессе пузырькового кипения Novac 7100 на поверхности микропроцессоров вычислительное оборудование интенсивно охлаждается, что позволяет значительно повысить его производительность. В верхней части ванны над уровнем жидкости в нишах располагаются два конденсатора, каждый из которых представляет собой многорядный пучок медных горизонтальных труб, охлаждаемых изнутри водным раствором этиленгликоля. Пар Novac 7100 конденсируется на поверхности труб, а конденсат стекает обратно в ванну. Целью работы было проведение расчетов мощности конденсатора в зависимости от расхода водного раствора этиленгликоля и числа труб конденсатора при его заданных габаритных размерах.

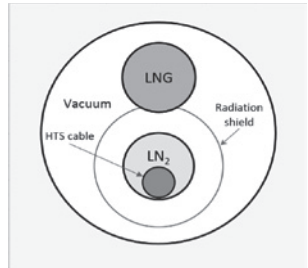
Для интенсификации теплообмена при конденсации пара Novac 7100 используется наружное оребрение труб конденсатора, выполненное методом деформирующего резания. Нами были определены оптимальные геометрические параметры оребрения труб с учетом их работы во многорядном пучке конденсатора. Для увеличения интенсивности теплообмена при течении водного раствора этиленгликоля в трубах конденсатора предложено применить закрутку потока с помощью скрученной ленты, вставленной в трубы. Рассматривалось применение как гладкой, так и оребренной скрученной ленты с разными шагами закрутки и геометрическими параметрами оребрения.

Расчет показал, что заданную мощность (125 кВт) имеет конденсатор с 82 трубами длиной 1,6 м, расположенными в виде шахматного пучка с 14 горизонтальными рядами при общем расходе водного раствора этиленгликоля 7 кг/с и с использованием в качестве интенсификатора теплообмена внутри труб гладкой скрученной ленты с шагом закрутки, равным 3. Применение оребренной скрученной ленты с оптимальными параметрами оребрения позволяет существенно повысить мощность конденсатора. При этом гидравлические потери при течении охлаждающей жидкости заметно возрастают, но не превышают допустимых значений.

*К.Е. Мякина, студент; рук. В.В. Глазков, к.т.н., доц.
(НИУ “МЭИ”, Москва)*

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПЕРЕКАЧКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПГ

В современном мире остро встает вопрос о качестве используемой электроэнергии, требующей постоянного совершенствования систем ее передачи и распределения. Ожидается, что внедрение технологий высокотемпературных сверхпроводников выведет на новый уровень мировую энергетику. Но основная проблема заключается в поддержании низкой температуры по всей длине сверхпроводящего кабеля с помощью хладагента (жидкого азота, LN₂), что энергозатратно. Чтобы снизить затраты предложено объединить передачу двух видов энергии: электрической и химической. Предполагается использовать сжиженный природный газ (СПГ) для охлаждения теплового экрана кабеля. В данной связи актуальна проблема снижения гидравлического сопротивления криогенных трубопроводов. На данный момент предложено несколько решений данного вопроса, которые можно разделить на две группы: модификация свойств поверхности трубопровода и изменение свойств жидкости. В качестве модификации поверхности рассмотрены варианты с микро и нано рельефом на поверхности. Изменение свойств криогенной жидкости предлагается проводить с помощью добавок шуги, различных полимерных волокон, ферромагнитных наночастиц.



**Рисунок 1. Структура
кабеля**

Рассмотрены также вопросы использования СПГ. Одним из возможных вариантов является замена авиационного топлива на СПГ. Такой метод предусматривает реконструкцию старых самолетов, что приведет к увеличению экономической эффективности и сделает их конкурентноспособными по сравнению с самыми последними моделями авиалайнеров. Также рассмотрено применение СПГ в конденсационной установке ТЭС.

Литература

1. Romashov M. A., Sytnikov V. E., Shakarian Y. G., Ivanov Y. V. Prospects of long-distance HTS DC power transmission systems//J. Phys. Conf. Ser. 507 (2014) #032037.

2. GuYunqing, Liu Tao, Mu Jiegang, Shi Zhengzan, Zhou Peijian Analysis of Drag Reduction Methods and Mechanisms of Turbulent//Hindawi Applied Bionics and Biomechanics. V. 2017, Article ID 6858720.

Е.А. Кустова, студ.; рук. Ю.А. Кузма-Кичта, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООТДАЧИ И ГИДРОДИНАМИКИ В ПЛОСКОМ ПРЯМОУГОЛЬНОМ МИКРОКАНАЛЕ

Микроканальные теплообменные аппараты имеют большой потенциал для отвода тепла от микрореакторов и миниатюрных электронных компонентов. Уменьшение теплообменных аппаратов приведет к снижению массы, размеров и энергопотребления установки за счет меньшей материалоемкости, объема заправки теплоносителя, применения меньших по мощности насосов и компрессоров. В работе [1] исследовано кипение воды в прямоугольном микроканале с размерами 13,5x3x0,2 мм с технически гладкой поверхностью и покрытием из наночастиц Al_2O_3 . Обнаружено, что в канале с покрытием критическая тепловая нагрузка повышается на 30-50%. Также зафиксировано увеличение тепловой нагрузки в переходном режиме кипения в микроканале с покрытием. В работе [1] наблюдались пульсации давлений, природа которых неясна. Для выяснения (и устранения) возможных причин их возникновения была разработана новая установка, подводы и отводы жидкости в которую выполнены в одной жесткой стеклянной пластине, позволяющей осуществить видеосъемку процесса. Рабочий участок представляет из себя микроканал с размерами 12,5x3x0.2 мм, одна сторона канала подогревается по методу клина, другая сторона сделана из стекла и подводов для рабочей жидкости, высота канала выдерживается с помощью проволоки диаметром 0.2 мм. Проводится сборка установки и тестовые опыты.

Литература

1. **М.В. Шустов, Ю.А. Кузма-Кичта, А.В. Лавриков.** Покрытие микроканала наночастицами – эффективный метод повышения критической тепловой нагрузки // Теплоэнергетика. 2017, № 4, С. 72-79.

С.С. Савекин, студ.; рук. В.В. Ягов д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КРИЗИСА КИПЕНИЯ В ТРУБАХ В ОБЛАСТИ ВЫСОКИХ ПРИВЕДЕННЫХ ДАВЛЕНИЙ

Актуальность вопроса о кризисе теплообмена при кипении жидкости в каналах обусловлена прежде всего невозможностью создания некой универсальной модели кризиса кипения в каналах, способной описывать этот процесс при любом сочетании параметров, от которых процесс кипения зависит. Вследствие этого, в проектных расчетах пользуются таблицами рекомендуемых значений КТП.

Результат анализа таблиц рекомендуемых значений КТП, представленных в работе [1], показывает, что необходимо разделять область анализа на две, а именно на область с нисходящей зависимостью и область с восходящей зависимостью КТП от массовой скорости в каждой из которых механизм кризиса различен. Так, восходящей области соответствует «кризис орошения», а в нисходящей области механизм кризиса аналогичен кризису пузырькового кипения. Ниже представлены выражения для расчета КТП для восходящей (1) и нисходящей (2) области зависимости КТП от массовой скорости:

$$q_{кр} = C1 \cdot D \cdot h_{LG} \cdot \left(\frac{\rho''}{\rho'}\right)^{0.5} \cdot (1 - x_{ядра}), \quad (1)$$

где $C1$ – эмпирическая константа, полученная в результате обработки опытных данных, D – потом осаждения, $X_{ядра}$ – паросодержание в ядре потока;

$$q_{кр} = C2 \cdot \frac{h_{LG} \cdot \sigma \cdot \rho''^{0.5}}{\nu^{0.5} \cdot d^{1.5}} \cdot \frac{m_f^{0.5}}{G \cdot x}, \quad (2)$$

где $C2$ – эмпирическая константа, полученная в результате обработки опытных данных, m_f – расход жидкости в пристеночной области двухфазного кольцевого потока.

Формулы (1) и (2) были опробованы на массиве данных [1], при этом наблюдалось разумное согласие формулы для восходящей зависимости и качественное согласие формулы для нисходящей зависимости.

Литература

1. D.C. Groeneveld, J.Q. Shan, A.Z. Vasi'c, L.K.H. Leung, A. Durmayaz, J. Yanga, S.C. Cheng, A. Tanase. The 2006 CHF look-up table. Nuclear Engineering and Design 237 (2007) 1909–1922.

*Д.В. Потапов ст.; А.А. Мочаловасп.; А.Н. Арбеков к.т.н. доц.
(МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА ТЕЧЕНИЯ В МАЛОРАЗМЕРНОМ АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ КАНАЛЕ ЗАМКНУТОГО ТИПА

Проведено экспериментальное исследование распределения скоростей в замкнутом малоразмерном аэродинамическом канале (рис.1). Основным рабочим участком является канал квадратного сечения с поперечным размером 100 мм и длиной 500 мм, выполненный из прозрачного оргстекла. По результатам измерений во время тестовых пусков, получены вертикальные распределения скорости.

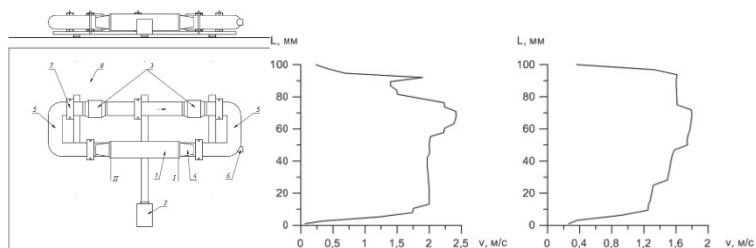


Рис. 1 (слева) Схема замкнутого аэродинамического канала: 1 – рабочий участок; 2 – кросскорреляционная камера; 3 – осевые вентиляторы; 4 – переходные каналы; 5 – переходные трубы; 6 – патрубок; 7 – опоры; 8 – основание; (справа) распределение скорости в сечении I и сечении II

Данный канал создавался под задачу отработки механизмов ввода частиц различной инерционности для визуализации рабочего тела и дальнейшим исследованием влияния второй фазы на режим течения при помощи метода PIV. При помощи термоанемометра инженерного класса CFM были получены профили скоростей потока в характерных сечениях рабочего участка (Рис. 2). Погрешность измерений (по паспорту измерительного оборудования) 1,5% при температуре измерений $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Положение сечений указано на рисунке 1.

Литература

1. Идельчик И.Е., Справочник по гидравлическим сопротивлениям. Под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд. Москва, Машиностроение, 1992. С. 30.
2. Шлихтинг Г., Теория пограничного слоя. «Наука». 1974. С. 28.

Д.Ю. Черныш¹, Н.А. Лучинкин¹, студенты; рук. И.А. Беляев², к.т.н.
(1-НИУ МЭИ, 2-ОИВТ РАН)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МГД-ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ТЕЧЕНИИ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА В ТРУБЕ С НЕОДНОРОДНЫМ ОБОГРЕВОМ

Возможность применения жидкометаллического охлаждения в теплообменных трактах перспективных энергетических установок является весьма актуальной инженерной задачей. К примеру, использование ЖМ в модулях термоядерных реакторов дает возможность нарабатывать тритий, получаемый в результате облучения лития потоком нейтронов. В проекте ТИНа (термоядерный источник нейтронов) исключено применение водяного охлаждения первого контура, предпочтительным решением является реализация охлаждения blankets ЖМ или расплавами солей [1].

При турбулентном течении ЖМ в каналах при воздействии сильных магнитных полей возникают низкочастотных пульсаций температуры высокой интенсивности, проникающие в стенку теплообменного канала и приводящие в перспективе к его усталостному разрушению.

В данной работе исследовалось опускное течение ртути в вертикальной трубе с односторонним обогревом. Результаты экспериментов показывают (Рис. 1), что воздействие сильных МП ($Ha \approx 800$ при $Re = 10^4$, $Ha \approx 500$ при $Re = 2 \cdot 10^4$) приводит к полному подавлению опасных температурных пульсаций. Однако существует область, в которой МП приводит к их развитию. С увеличением числа Рейнольдса эта область несколько сужается. Кроме того, при высоких Re снижается уровень интенсивности температурных пульсаций, диапазон их максимальных значений смещается в область с числами $Ha \approx 150-400$ при $Re = 2 \cdot 10^4$ и $Ha \approx 400-800$ при $Re = 10^4$. Таким образом, впервые получены экспериментальные данные по МГД теплообмену в данной конфигурации в широком диапазоне чисел Гартмана.

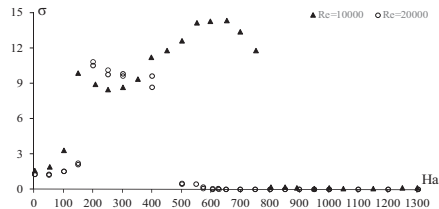


Рис. 1. Зависимость интенсивности температурных пульсаций от числа Рейнольдса при различных значениях величины МП.
($q_1/q_2 = 55/0$ кВт/м², $Gr_q = 0.6 \cdot 10^8$)

Литература

1. Мельников И.А. Исследование гидродинамики и теплообмена МГД-течений в вертикальной трубе в поперечном магнитном поле. Дис. к.т.н. МЭИ, Москва, 2014.

*В.А.Рязанцев, М.М. Виноградов, студ.; П.К. Канин, аспирант;
рук.к.т.н. А.Р. Забиров (НИУ «МЭИ»)*

Применение методов машинного обучения для определения температуры перехода к интенсивному режиму охлаждения

Машинное обучение – это раздел искусственного интеллекта, в котором используются алгоритмы, способные к обучению. Под обучением подразумевается совершенствование схемы предсказания на основе исходных данных или тестовых примеров. В последние десятилетия выросло количество публикаций, посвященных применению методов машинного обучения к задачам тепло- и массообмена [1]. Нестационарное пленочное кипение недогретых жидкостей при определенных условиях характеризуются высокими значениями КТО[2]. Для понимания данного процесса была разработана приближенная модель, которая позволяет предсказывать температуру начала интенсивного режима охлаждения [3]. Однако неопределенность вычислений с использованием данной модели находится в диапазоне 20 %. Причина такой высокой погрешности связана со сложностью определения характерного времени нестационарного взаимодействия жидкость/стенка.

В настоящей работе предлагается использование нейронных сетей, для нахождения переходной температур в зависимости от режимных параметров (материал образца, свойства жидкости, степень недогрева). В ходе анализа были установлены входные параметры, имеющие определяющее влияние на процесс. Для обучения нейронной сети использованы более 100 наборов экспериментальных данных, полученными авторами в последние годы.

Несмотря на главный недостаток, который заключается в отсутствии «физики» в моделях машинного обучения, результаты, полученные с ее использованием находятся в хорошем соответствии с экспериментальными данными.

Литература

1. Tenglong Cong, Guanghui Su, SuizhengQiu, WenxiTian, Applications of ANNs in flow and heat transfer problems in nuclear engineering: A review work, Progress in Nuclear Energy, Volume 62, 2013, Pages 54-71.
2. Heat transfer during cooling of high temperature spheres in subcooled water at different pressures.V.V. Yagov, A.R. Zabirov, O.N. Kaban'kov, M.V. Minko.International Journal of Heat and Mass Transfer.110 (2017): 219-230.
3. Heat transfer at cooling high-temperature bodies in subcooled liquids. Victor V. Yagov , Arslan R. Zabirov, Pavel K. Kanin. International Journal of Heat and Mass Transfer. Volume 126, Part A, November 2018, Pages 823-830.

А. С. Лебедев, студент; А. В. Абрамов, студент; рук. Е.В. Свиридов, к.т.н., доц. (НИУ МЭИ, Москва)

СИСТЕМА КОТРОЛЯ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ В СИТЕМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ

Во многих экспериментальных установках применяется жидкостное охлаждение. В случае падения расхода охлаждающей жидкости, возможен выход установки или отдельных ее частей из строя, что может привести к материальным и временным затратам на устранение неполадок.

Целью работы является разработка системы контроля расходов на основе стандартных элементов и конфигурации ИИС[1].

Авторами была разработана система контроля расхода и аварийного отключения для экспериментальных установок. В качестве расходомеров применяются крыльчатые расходомеры (рис. 1.), которые опрашиваются микроконтроллером. Работа крыльчатых расходомеров построена на встроенном датчике Холла. При вращении крыльчатки датчик Холла будет генерировать импульсы, которые можно перевести в расход, используя градуировку.



Рис. 1 Крыльчатый расходомер

В ходе этой работы, было разработана система, позволявшая отслеживать значения 20 расходов. Реализованная система совместимая с промышленным протоколом Modbus, следовательно, система легко внедряется в большинство экспериментальных установок.

Литература

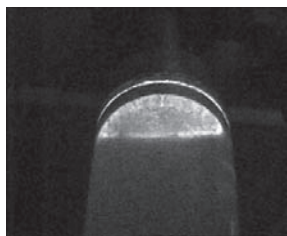
1. Н.А. Виноградова, В.В. Гайдученко, А. И. Карякин, В.Н. Леньшин, В.Г. Свиридов, Е.В. Свиридов, И.С. Теплинский, Г.Ф. Филаретов Системы автоматизации теплофизического эксперимента // Издательский дом МЭИ, 2007

*О.В. Куликов, студ.; рук. Д.Н. Герасимов
(НИУ «МЭИ», Москва)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МЕХАНОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ЖИДКОСТЕЙ

В работе [1] было сделано заключение о природе гидродинамической люминесценции жидкости: спектры гидродинамической люминесценции масла И-40-А были сопоставлены со спектрами ее фотолюминесценции, и совпадение спектров подтвердило гипотезу о сходстве механизмов свечения в этих двух случаях.

Аналогичным образом, в данной работе исследуется возможность механического возбуждения свечения жидкостей с целью сравнения механизмов их свечения с сонолюминесценцией (см. рис., где показана сонолюминесценция глицерина на ультразвуковом волноводе). В работе [2] показано, что сонолюминесценция сходна с другим явлением – гидролюминесценцией; настоящая работа посвящена выявлению аналогий со свечением, вызываемым иными способами возбуждения.



Прежде всего, исследовалась возможность свечения жидкости за счет образования в ней молекул каких-либо новых люминесцирующих соединений под действием ультразвука. В принципе, сонохимия известна достаточно хорошо, однако к люминесценции этот процесс, по-видимому, не имеет отношения: спектры поглощения жидкости до, после и во время ультразвукового воздействия абсолютно идентичны и не содержат следов наличия каких-либо полос или линий поглощения. Таким образом, не стоит ожидать и наличия полос излучения, т.е. люминесценции за счет высвечивания соответствующих центров.

Сонолюминесценция возникает, прежде всего, в областях интенсивной кавитации (см. рис., где помимо свечения на ультразвуковом волноводе заметна также светящаяся область на линии контакта трех фаз: там, где волновод погружен в жидкость). Аналогично, в работе [2] показано, что гидродинамическая люминесценция глицерина возникает именно в области интенсивной кавитации, на выходе из узкой части канала. В данной работе сделана попытка смоделировать это явление в условиях отсутствия ультразвукового воздействия.

Рассмотрена также возможность сонолюминесценции масла И-40А – вещества, условия люминесценции которого хорошо изучены в предшествующих работах.

Литература

1. **Бирюков Д.А. и др.** Свечение жидкости в узком канале как триболюминесценция// Оптика и спектроскопия. 2013. Т. 114. № 5. С. 768–772.
2. **Беляев И.А. и др.** Спектроскопия кавитирующей жидкости в рентгеновском и оптическом диапазоне// Оптика и спектроскопия. 2018. Т. 125. № 1. С. 39–45.

*П.А. Юрченко, студ.; рук. Д.В. Сиденков, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

НАТУРНЫЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДИНАМИКИ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ ГРУНТОВОГО ТЕПЛООБМЕННИКА ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

При совместной работе теплового насоса с грунтовым теплообменником появляется возможность использования низкопотенциальной теплоты грунта для обеспечения нагрузок отопления, водоснабжения и вентиляции жилых или производственных помещений [1]. В этой связи актуальной является задача определения динамики теплового состояния массива грунта в различных режимах работы установки.

С использованием программной системы ANSYS были рассчитаны: время выхода грунтового теплообменника на условно-установившийся режим работы; максимальная тепловая мощность теплообменника в каждый месяц года в переходном и в условно-установившемся режиме. Также было установлено, в какие периоды года установка отдает или получает тепло. На рис. 1 представлено расчетное поле температуры в конце декабря первого года с момента запуска установки, на рис. 2 – графики выхода на условно-установившийся режим работы.

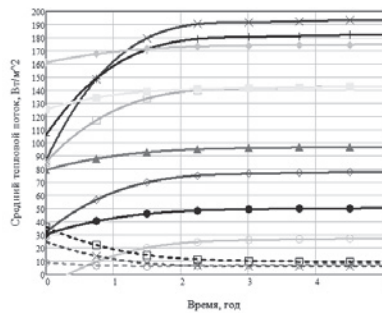
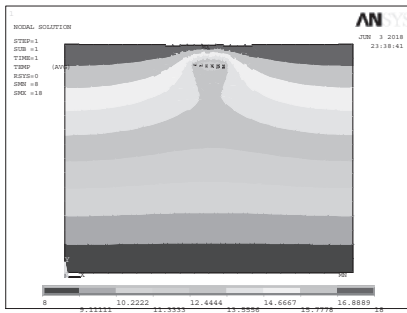


Рис. 1 - Распределение температур в грунте **Рис. 2 – Выход на установившийся режим**

Верификация вычислительных результатов проводится по результатам натурального эксперимента на теплонасосной установке с грунтовым теплообменником, созданной на кафедре ТОТ «НИУ «МЭИ»».

Работа выполняется при поддержке грантом РФФИ № 17-08-01671-а.

Литература

1. **Pirjo Majuri**, Ground source heat pumps and environmental policy – The Finnish practitioner’s point of view. Turku: Journal of Cleaner Production, 2016.

Деев Равад, аспирант; рук. Д.В.Сиденков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАСЧЕТ ТЕРМОНАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ КАПЛЕВИДНОЙ ТРУБЫ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ ANSYS

В энергоустановках на низкокипящих рабочих веществах, работающих по «органическому» циклу Ренкина (ОЦР), одним из основных теплообменных аппаратов является разделительный теплообменник. В качестве разделительного теплообменника могут применяться трубные пучки, наружная поверхность трубок омывается горячей (газовой) средой, а внутри труб протекает теплоноситель ОЦР (рис.1).

В качестве объекта исследования рассматривается элемент трубного пучка каплевидной формы (рис.2а) [1]. С помощью программы ANSYS проводится численное исследование теплообмена и гидродинамического сопротивления пучка с каплевидными трубами при различной ориентации трубок в пространстве.

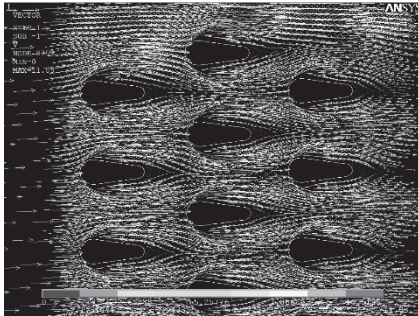


Рис.1. Поле скорости в шахматном пучке с трубами каплевидной формы.



Рис. 2а. Исходное состояние.



Рис. 2б. Состояние «под нагрузкой».

На рис.2б представлено напряженно-деформированное состояние каплевидной трубы в одном из режимов работы. Возможно изменение структуры потока и теплообменных характеристик трубного пучка за счет деформации профиля поперечного сечения трубы, что определяет актуальность данного исследования.

Работа выполняется при поддержке грантом РФФИ № 17-08-01671-а.

Литература

1. Ahmed S.A.E.S., Ibrahim E.Z., Mesalhy O.M., Abdelatif M.A. Effect of attack and cone angles on air flow characteristics for staggered wing shaped tubes bundle. Heat Mass Transfer, 2014, v.50, N.8, p.1091-1102.

Г.О. Юсубов, студент; рук. О.А. Синкевич, д.ф.-м.н., проф.
**УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВИХРЯ ВО ВЛАЖНОЙ
АТМОСФЕРЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛЫ КОРИОЛИСА И
ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ**

Механизмы, приводящие к генерации больших и малых вихрей, представляют большой интерес для науки и техники [1]. В работе [2] в гидродинамическом, адиабатическом приближении рассматривается процесс зарождения крупномасштабных воздушных вихрей внутри формирующегося облака при наличии сходящихся радиальных и восходящих вертикальных потоков.

В данной работе на основе уравнений сплошной среды при пренебрежении вязкостью рассматривается начальная стадия динамики вихря во влажной атмосфере с учетом силы Кориолиса. Исследование проводится в цилиндрической системе координат (ось z направлена по вертикали вверх). Считается, что в начальный момент в области $0 < r < R_0$ существует опускное или подъемное безвихревое течение влажного воздуха ($V_r = -f_1 r$, $V_z = f_2 z$). За пределами этой области находится воздух с давлением P_0 , температурой T_0 , плотностью ρ_0 и относительной влажностью ξ_0 . В качестве характерного размера выбирается R_0 , а характерного времени $t_0 = \sqrt{\gamma P_0 / R_0^2 \rho_0}$. Математическая задача сводится к системе нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений для функций времени $f_j(t)$, $j = 1 \dots 9$. В рамках полученной модели, существенно отличающейся от [2], проводится исследование условий формирования вихря во влажной атмосфере. Показано, что при определенных условиях исходное стационарное течение становится неустойчивым - возникает вихревое течение и формируется воронка торнадо. Обсуждаются вклады теплоты фазового перехода и силы Кориолиса в механизм и время формирования торнадо, и различные сценарии формирования воронки торнадо.

Литература

1. **Галицин Г.С.** Природные процессы и явления: волны, планеты, конвекция, климат, статистика. 2004. - М.: Физматлит. 344 с.
2. **Пашицкий Э.А.** Нелинейная динамика вихрей в открытых неравновесных системах с объемным стоком вещества и механизм рождения торнадо и ураганов. ЖЭТФ. 20010. Т. 137. Вып. 6. С. 1175-1194.

*Р.Ю. Саакян ст.; А.А. Мочаловасп.; А.Н. Арбеков к.т.н. доц.
(МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИФFUЗОРНОГО ТЕЧЕНИЯ В МОДЕЛЬНОЙ СТУПЕНИ ЦБК ЗГТУ МЕТОДОМ PIV

В основу создания модели положен диффузор с клиновидными лопатками реального центробежного компрессора ЗГТУ мощностью от 1 до 3 кВт. Для обеспечения возможности переноса полученных результатов необходимо работать в области автомодельных течений по определяющему критерию – числу Рейнольдса. При этом для упрощения принимается, что диапазон чисел Маха составляет от 0,05 до 0,2.



Рис. 1(слева)Диффузор с клиновидными лопатками реального центробежного компрессора ЗГТУ; (справа) модель экспериментального стенда

Данная работа является продолжением работ А.Ф. Куфтова (МГТУ им. Н.Э. Баумана), по исследованию структуры течения в межлопаточных каналах центробежных компрессоров [1]. Облик экспериментального стенда показан на рисунке 1 (справа); также на рисунке 1 (слева) показан общий вид лопаточного диффузора ступени центробежного компрессора ЗГТУ. Данный лопаточный аппарат разработан в МГТУ им. Н.Э. Баумана и исследуется в составе экспериментальной ЗГТУ. Подобраны и оценены условия эксперимента: рабочая среда – воздух, температура рабочего тела $T = 293$ К; размер межлопаточного канала $d_m = 0,043$ м; скорость рабочего тела $\langle V \rangle = 18$ м/с; полученное значение критерия Рейнольдса ($Re = 71893,23$) соответствует режиму работы ступени ЦБК ЗГТУ. Основным экспериментальным оборудованием является система оптической диагностики полей скорости «Полис - PIV».

Литература

1. Куфтов А.Ф., Сыроквашо А.В. Профилирование проточной части рабочих колёс осерадиальных компрессоров // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2010 - №4, С. 35-38.

*И.А. Тупотилов, Ямаев А.М., студ.; рук. А.Т. Комов, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

Разработка систем сбора и обработки информации для рабочего участка с шаровой засыпкой. Наладочные опыты.

У атомной энергетикисуществует ряд основных проблем, такие как ядерная и радиационная безопасность реакторов, конкурентоспособность с тепловыми электрическими станциями, воспроизводство ядерного топлива, долговременное безопасное недорогое хранение радиоактивных отходов, нераспространение ядерного оружия и утилизация оружейного плутония[1].

Интеграция топлива в форме шаровых микротвэлов в атомную энергетику позволяет решить или существенно ослабить влияние этих проблем. Шаровой микротвэл состоит из топливного ядра, покрытого защитной оболочкой. Оболочки разделяют топливо и теплоноситель и обеспечивают удержание продуктов деления ядер. Микротвэлы из-за малого размера (диаметр 0,6–4,2 мм) имеют высокую удельную площадь поверхности и характеризуются низкой температурой топлива в центре твэла. Тепловые переходные процессы в засыпках микротвэлов протекают быстро. Их оболочки не имеют швов, они прочные и стойкие, надежно удерживают продукты деления, могут работать при больших степенях выгорания топлива, высоких температурах. В сборке микротвэлы размещаются между перфорированными чехлами. Последние исследования показали, что микротвэлы с оболочками из пироуглерода и карбида кремния могут найти применение в реакторах типа ВВЭР и ВВЭР на воде сверхкритических параметров.

На кафедре ОФиЯС в 2010 году собран и введен в эксплуатацию экспериментальный стенд для исследования гидродинамики и теплообмена в шаровых засыпках. Для проведения экспериментальных исследований была выполнена модернизация гидравлического контура, с целью установки в нем рабочего участка – масштабированной модели шаровой засыпки. Разработана система сбора и обработки информации, установлено необходимое измерительное оборудование (датчики расхода, давления, температуры). Проведен гидравлический расчет модернизированной части контура с целью оценки гидравлических потерь. Получены экспериментальные данные по потерям давления в гладкой цилиндрической трубе и шаровой засыпке заданной геометрии.

Литература

1. **Сорокин В.В.** Гидравлика и теплообмен шаровых засыпок в условиях активной зоны водо-водяных ядерных реакторов с микротвэлами. М: Белорусская наука, 2010.

*П.А. Сардов, студ.; рук-ли И.А. Беляев, к.т.н. (ОИВТ РАН, Москва)
В.Г. Свиридов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

ОСОБЕННОСТИ СМЕШАННОЙ КОНВЕКЦИИ В МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ ПРИ ОПУСКНОМ ТЕЧЕНИИ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА

Экспериментальные исследования гидродинамики и теплопередачи, под воздействием магнитного поля, выполняются в течение многих лет исследовательской группой МЭИ-ОИВТ [1]. Предполагаемые МГД-конфигурации, близкие к условиям реактора ТОКАМАК [2], изучались с использованием ртути в качестве модельной жидкости. Такой вид модельной жидкости позволяет минимизировать неопределенность результатов. Собранные данные включают в себя усредненные по времени температурные поля, распределения локальных температур стенки и статистических характеристик пульсаций температуры в потоке. Получение таких данных стало возможным благодаря уникальной

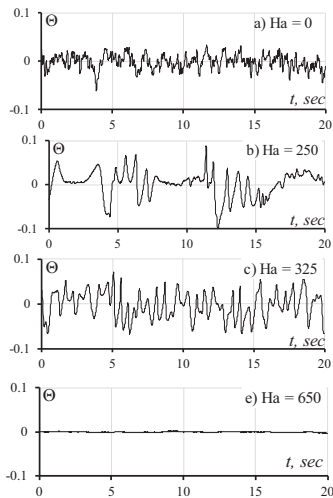


Рисунок 1. Осциллограммы безразмерных температур в центре трубы при $Ha = 0$ –

технологии микротермопарных погружных зондов. Было обнаружено, что в потоке возникают неожиданные режимы течения жидкого металла, сопровождающиеся аномально высокими колебаниями температуры. Новые экспериментальные данные были получены и обработаны путем

построения температурных полей и полей температурных пульсаций характеристик. Измерения проводились при опускном течении ртути в круглой трубе под воздействием поперечного магнитного поля. В исследованном диапазоне режимных параметров при опускном течении в круглой трубе было обнаружено полное подавление пульсаций температуры в любой точке экспериментального сечения при числах Гартмана более 600 (Рисунок 1). Этот результат получен впервые и

благоприятен для проектирования технических устройств.

Литература

1. Батенин В. М. Развитие экспериментальной базы исследований МГД-теплообмена перспективных ядерных энергоустановок // ТВТ. 2015. Т. 53. №. 6.
2. Abdou M. et al. Blanket/first wall challenges and required R&D on the pathway to DEMO // Fusion Engineering and Design. 2015. Т. 100. С. 2-43.

*Г.О. Зинченко, студент; рук. О.А. Синкевич, д.ф.-м.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

СИСТЕМА СТАЦИОНАРНЫХ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ВИХРЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО ТИПА

В цилиндрической системе координат исследованы характеристики стационарных сосредоточенных вихрей специального типа $\nabla \times \mathbf{u} = k\mathbf{u}$ [3]. Построено новое решение задачи о сосредоточенном вихре с тремя компонентами вектора скорости. Оно существенно отличается от известного ранее решения с двумя компонентами вектора скорости [4]. Найдены распределения давлений в стационарном сосредоточенном вихре с учетом силы Кориолиса и без нее. Установлены условия, при которых вихрь является циклоническим [1–2]. Проведен анализ некоторых способов создания на пути торнадо системы малых вихрей, проходя через которые, торнадо ослабевает и распадается на серию вихрей малой интенсивности, затухающих за счет сил вязкости о воздух и силы трения о поверхность. Поскольку место и время зарождения торнадо плохо прогнозируются и часто находятся далеко от необходимых источников энергии, обсуждается способ организации быстрой защитной системы препятствий именно в нужном месте и в нужное время в виде системы сосредоточенных вихрей. В качестве источника, создающего сосредоточенные на пути торнадо вихри, предлагается использовать пучки электромагнитного излучения микроволнового диапазона, генерируемые с самолетов или спутников.

Целью работы является разработка моделей сред, состоящих из ансамблей вихрей различной ориентации, установление условий возникновения стационарных режимов, в которых вихри постоянно генерируются и исчезают. Спецификой среды является высокий уровень турбулентности.

Литература

1. **Кочин И.Е., Кибель И.А., Розе Н.В.** Теоретическая гидромеханика. Часть 1. 6-е издание. 1963.
2. **Кочин И.Е., Кибель И.А., Розе Н.В.** Теоретическая гидромеханика. Часть 2. 4-е издание. 1963.
3. **Чефранов С.Г.** Генерация спиральности в однородно-вихревых потоках. ЖЭТФ. 2003. Т. 126. № 5(11). с. 1133-1145.
4. **Синкевич О.А.** Модель течения в воронке торнадо с учетом фазовых превращений. Теплофизика высоких температур, 1996, Т. 34, No 6, С.936-941.

*А.А. Ильюхин, студент; рук. В.В. Глазков, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЛКНОВЕНИЯ КАПЛИ С НАГРЕТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Столкновение капли с поверхностью весьма часто случается или намеренно используется в современной технике. Это и ударное взаимодействие капель с элементами паровых турбин, приводящее к их скорой коррозии, это и способы охлаждения при помощи дождевания или спрея.

В ходе исследования на установке, рис.1, получены экспериментальные данные по падению капля жидкости на сухие поверхности, а также на поверхности, смоченные или покрытые слоем жидкости различной толщины. На рис.1: 1. шприц; 2. сменный капилляр; 3. исследуемая поверхность; 4. источник освещения; 5. высокоскоростной фотоаппарат; 6. нагреватель; 7. штатив с измерительной шкалой.

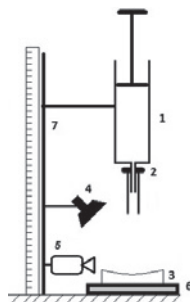


Рис.1. Схема экспериментальной установки

Выполнен анализ данных, полученных в ходе экспериментов по столкновению водяных капель, отрывающихся от капилляра диаметром 0.33 – 6 мм, при комнатной температуре жидкости и поверхности.

Также представлены результаты, полученные в экспериментах, когда столкновение капли происходило с поверхностями, нагретыми до высокой температуры, в том числе и выше критической температуры жидкости. Определено влияние типа поверхности и температурного фактора на характер взаимодействия капли с поверхностями. Получены соответствующие безразмерные критерии, такие как числа We , Re и число Онезорге (Oh). Проведено сравнение с имеющимися теоретическими зависимостями [1] и экспериментальными данными других авторов [2, 3].

Литература

1. **Лабунцов Д.А., Ягов В.В.** Механика двухфазных систем. М.: Издательский дом МЭИ, 2007.
2. **Архипов В.А., Трофимов В.Ф.** Образование вторичных капель при ударном взаимодействии капли с поверхностью жидкости // Прикладная механика и техническая физика. 2005. т. 46. №1.
3. **Chenglong Tang , Mengxiao Qin.** Dynamics of droplet impact on solid surface with different roughness // Int. J. of Multiphase Flow. November 2017. P. 56-69.

М. Д. Нащёкин, студ.;

рук. К. Б. Минко, к.т.н., ст. преп. (ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»)

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК СПЛАВА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ МЕТАЛЛОГИДРИДНЫХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ВОДОРОДА

Одним из перспективных методов очистки водорода, загрязненного примесями, является метод фильтрации через слой водородопоглощающего сплава [1]. Целью данной работы является численное моделирование таких систем и выявление основных параметров, контролирующих эффективность их работы.

Для моделирования использовалась математическая модель из работы [2]. Математическое описание включало в себя систему двумерных нестационарных уравнений сохранения массы и энергии для твердой и газовой фаз, а также уравнение сохранения импульса для газовой фазы. Модель была верифицирована на экспериментальных данных работы [1].

Представлены результаты о влиянии давления на входе в систему, коэффициента теплопроводности засыпки, условий охлаждения реактора и его геометрических характеристик на работу системы. В качестве критерия эффективности системы очистки водорода была выбрана доля сплава, насытившегося водородом в момент времени, при котором потери водорода на выходе из реактора достигали 3%.

Все расчеты были выполнены с использованием CFD-кода ANES, разработанного на кафедре инженерной теплофизики ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ» [3].

Литература

1. **Блинов Д.В., Борзенко В.И., Дуников Д.О., Малышенко С.П.** Очистка водорода методом продувки через металлгидрид // Вестник МЭИ. 2012. №2. стр. 44-29.
2. **В.И. Артемов, Д.О. Лазарев, Г.Г. Яньков и др.** Влияние неабсорбируемых газовых примесей на процессы тепломассообмена в металлгидридных устройствах для аккумулирования и очистки водорода // ТВТ. 2004. Т.42. №6. стр. 972-989.
3. **Код ANES** [Электронный ресурс]. URL: <http://anes.ch12655.tnweb.ru/> (дата обращения: 10.10.2018).

*К.В. Журавлёв, Р.М. Мустиев, студенты; Б.Л.Х. Чан,
асп.;рук. А.Н. Варава, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОСЪЁМА ДИСПЕРСНЫМ ПОТОКОМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Развитие современной энергетики сопровождается существенным ростом энергонапряжённости конструктивных элементов установок и аппаратов, а также значительным увеличением температурных режимов технологических процессов.

Проблема эффективности теплосъёма связана с развитием и внедрением в практику новых методов интенсификации теплообмена в каналах с потоком охлаждающей воды. В настоящее время наиболее распространённые методы интенсификации связаны с закруткой потока теплоносителя способами модификации скрученной ленты, а также модификациями поверхности канала.

В данной работе получает развитие не слишком распространённый метод охлаждения энергонапряжённых элементов дисперсным потоком. В отличие от других способов эффективного теплосъёма в данном случае система работает с малым удельным объёмным содержанием воды в теплоносителе при низком давлении.

Дисперсный поток (спрей) формируется генератором спрея, основным элементом которого является форсунка, по центральному каналу которой под заранее выбранным давлением поступает вода, а по внешней конической части сопла поступает газ (воздух, аргон, азот). В результате взаимодействия потоков возникает мелкодисперсная смесь, направляемая в зону теплосъёма.

Высокая эффективность теплообмена объясняется практически мгновенным испарением мельчайших капель воды, сопровождающееся поглощением тепла. При этом температура охлаждающегося объекта быстро и значительно понижается.

В работе представлены результаты исследования теплосъёма дисперсным потоком. Методика проведения эксперимента позволяет измерить температурное поле в мишени, а затем рассчитать, как коэффициент теплоотдачи, так и плотность теплового потока.

В ходе исследования был обработан большой массив экспериментальных данных в широком диапазоне значений параметров теплоносителя.

Анализ полученных результатов позволяет выбрать значения технологических параметров смеси (прежде всего расходные характеристики), при которых теплосъём наиболее эффективен.

И.С. Кудимкин, студ.; рук. Г.Г. Яньков, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

Моделирование теплогидравлических процессов в активной зоне легководного реактора при сверхкритическом давлении

АЭС с реакторами, охлаждаемыми «легкой» водой сверхкритического давления (СКД), позволили бы поднять к.п.д. производства электроэнергии до того же уровня, что и на ТЭС СКД. При этом, за счет теплоты псевдофазового перехода, можно было бы существенно сократить расход воды через реактор и получить значительный выигрыш в капитальных затратах.

Вследствие этого, надежный расчет теплообмена в каналах при турбулентном течении теплоносителей с сильно изменяющимися теплофизическими свойствами – одна из ключевых проблем, требующих решения при разработке ядерных энергетических установок с водой СКД. Известно[1], что область существования нормальных режимов теплообмена, отвечающих требованиям надежной и безопасной эксплуатации ядерных установок, ограничена сравнительно невысокими тепловыми нагрузками. При повышении тепловой нагрузки могут возникать так называемые режимы ухудшенного теплообмена, характеризующиеся резким увеличением температуры («пики» температуры) стенки твэла на некотором удалении от входа. Такие режимы представляют опасность для прочности твэла.

В ходе работы исследовалось течение и теплообмен в субканалах сборки вертикальных твэлов с шахматной компоновкой стержней, охлаждаемых водой СКД. В работе была использована стандартная к-ε модель турбулентности с пристеночными функциями. Геометрические размеры и режимные параметры были взяты из работы [1]. Анализ результатов моделирования показал значительную неоднородность температуры стенки по периметру твэлов. В ходе работы моделировались и режимы ухудшенной теплоотдачи. Для воды СКД была также исследована эффективность интенсификации теплообмена в каналах активной зоны с помощью проволочной навивки на поверхности твэлов. Расчеты были выполнены в среде CFD- кода ANES[2].

Литература

1. Курганов В.А., Зейгарник Ю.А., Яньков Г.Г., Маслакова И.В. Теплообмен и сопротивление в трубах при сверхкритических давлениях теплоносителя: итоги научных исследований и практические рекомендации. М.: Издательство ООО «Печатный салон «Шанс», 2018.-304 с.

2. [Электронный ресурс]. URL:<http://anes.ch12655.tnweb.ru>. (Дата обращения – 01.10.2018).

Р.А.Дуплянкин, студ.; рук. В.И.Артемов, к.ф.-м.н, вед. науч. сотр.(НИУ «МЭИ»)

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ РТУТИ В КРУГЛОЙ ТРУБЕ ПРИ НАЛИЧИИ ПОПЕРЕЧНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

В данной работе представлены результаты RANS-моделирования изотермического турбулентного течения ртути в круглой трубе при воздействии на поток поперечного магнитного поля. Одной из целей работы являлось тестирование разработанной МГД подсистемы кода ANES[1]. Для моделирования турбулентного переноса использовались две RANS модели турбулентности: двухслойная $k - \epsilon$ модель Вольфштейна и $k - \epsilon$ модель Лаундера-Шарма [1] с учетом подавления турбулентности магнитным полем в соответствии с моделью Кенжера-Ханжалика[2].

Расчеты выполнены в цилиндрической системе координат на структурной сетке. Диапазон режимных параметров соответствовал данным экспериментальной работы[3]. Представлены результаты расчетов профилей осредненной продольной скорости для числа Рейнольдса $Re = 16\,000$ и трех значений числа Гартмана $Ha = 47, 71, 142$ при трех углах между направлением вектора магнитной индукции и плоскостью соответствующего продольного сечения $\theta = 0, 45, 90^\circ$. Полученные коэффициенты трения C_f при $Re = (25, 35, 50) \cdot 10^3$ представлены в виде зависимости от комплекса $Ha \cdot 10^4 / Re = 0 \dots 50$.

Показано, что эффект подавления турбулентности магнитным полем сильнее проявляется при использовании модели Лаундера-Шарма.

Следует отметить, что в целом обе используемые двухпараметрические модели турбулентности оказались недостаточно точными.

Литература

1. Код ANES [Электронный ресурс] URL: <http://anes.ch12655.tmweb.ru/> (дата обращения: 05.12.2018).
2. Kenjeres S., K. Hanjalic K. On the implementation of effects of Lorentz force in turbulence closure models // International Journal of Heat and Fluid Flow. 2000. №21. С. 329-337.
3. Gardner R.A., Lykoudis P.S. Magneto-fluid-mechanic pipe flow in a transverse magnetic field. Part I Isothermal flow // Journal of Fluid Mechanics. 1971. Vol.47, part 4 С. 737-764.

И. И. Крапивин, асп.; рук. А.В. Дедов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КИПЕНИИ В ВЫНУЖДЕННОМ ПОТОКЕ ХЛАДОНОВ В КАНАЛАХ МАЛОГО ДИАМЕТРА

Работа посвящена экспериментальному исследованию гидродинамики и теплообмена в вынужденном потоке кипящей жидкости в канале малого диаметра при высоких приведенных давлениях. Актуальность данных исследований связана с растущим интересом к миниатюрным теплообменным устройствам в различных отраслях промышленности.

В докладе представлено описание экспериментального стенда, анализ и обобщение опытных данных по теплообмену при кипении насыщенного потока хладонов. Были выполнены эксперименты с фреоном R113 на вертикальном рабочем участке с внутренним диаметром 1.36 мм.

Эксперименты проводились при помощи изменения как тепловой нагрузки, так и относительного паросодержания. Были получены наборы первичных массивов опытных данных в виде зависимости температуры стенки от давления, расхода ρw и температуры стенки. На рис.1 приведён пример получения экспериментальных данных в виде зависимости температур стенки рабочего участка в четырёх сечениях по ходу потока (T1-T4) и температур потока.

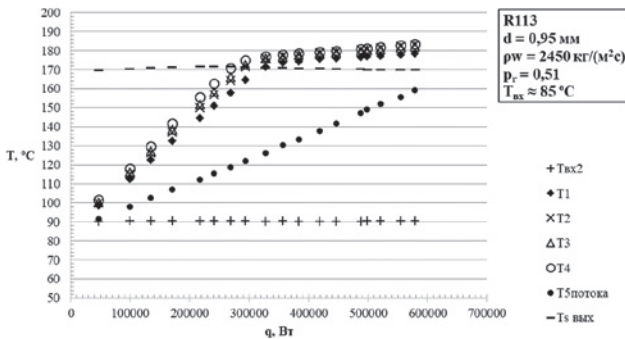


Рис. 1. Зависимость температуры стенки при изменении теплового потока.

Литература

1. **Belyaev A.V., Varava A.N., Dedov A.V., Komov A.T.**, An experimental study of flow boiling in minichannels at high reduced pressure, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 110 (2017) 360–373.

*Н.Н. Воробьев, аспирант; С.П. Яцик, Нгуен Тхи Минь Ань студенты;
рук. В.В. Глазков, к.т.н., доц. (НИУ МЭИ, Москва)*

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ РЕАЛИЗУЮЩЕЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ ЦИКЛ РЕНКИНА (ОЦР) НА НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОМ ТЕПЛЕ

В настоящее время всё чаще поднимается вопрос об эффективном использовании энергетических ресурсов, о снижении энергозатрат в промышленности и коммунальном хозяйстве, ведутся непрерывные разработки «альтернативных», «нетрадиционных» источников энергии, таких как энергия солнца, энергия ветра, приливов, морских волн, но альтернативных источников энергии есть существенный недостаток - их непостоянство, что сдерживает их широкое использование.

Большинство технологических процессов сопровождается выделением большого количества низкопотенциального тепла, которое не используется. Одним из направлений работ по использованию низкопотенциального тепла является разработка энергетических установок малой (единицы-десятки киловатт) мощности. Упрощенная схема ОЦР-гелиоустановки приведена на рис.1.

На кафедре ИТФ МЭИ ведутся работы по созданию компактной малозатратной демонстрационной энергетической установки малой мощности (0.2 – 2 кВт), реализующей органический цикл Ренкина. Установка, предназначенная для гелиоэнергетики, использует низкопотенциальное тепло из водяного теплового аккумулятора с КПД около 11%. Конструкция установки базируется на стандартных технологических решениях и блоках, используемых в коммерческих холодильных установках и установках кондиционирования воздуха.

Установка находится в процессе отладки. Приведены результаты первых экспериментов, анализ и обработка получаемых данных.

Литература

1. **Quoilin S.** Sustainable Energy Conversion Through the Use of Organic Rankine Cycles for Waste Heat Recovery and Solar Applications. PhD thesis. University of Liege. Liege, 2011.
2. **Collings P.** Theoretical and experimental analysis of an organic Rankine Cycle. PhD thesis. University Glasgow. Glasgow, 2018.

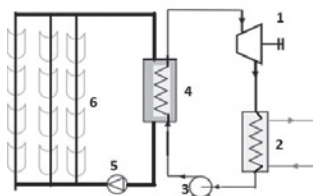


Рис. 1. Схема ОЦР: 1- экспан-дер; 2 – водяной конденсатор; 3 – циркуляционный насос; 4 – тепловой аккумулятор; 5 – насос водяного контура; 6 – солнечные коллектора

А.В. Скурихин, асп.; рук. А.В. Костановский, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Одним из широко применяемых в промышленности способов придания высокотемпературным теплоизоляционным материалам (ВТИМ) пористой структуры является введение пористого заполнителя, такого как вспученный вермикулит (для краткости - вермикулит), который получают обжигом вермикулитовой руды или концентрата из нее[1]. Данный природный минерал обладает рядом уникальных свойств: малой плотностью, низкой теплопроводностью, огнеупорностью (до 1400 °С), химически инертен, долговечен, экологически безопасен, что характеризует вермикулит как перспективный материал для использования в качестве заполнителя при изготовлении ВТИМ.

При приемке изделий из ВТИМ требуется техконтроль его коэффициента теплопроводности λ . Данный процесс затратный по времени и требующий наличия дорогого оборудования. В этой связи, представляет научно-практический интерес разработка методики расчетно-аналитической прогнозной оценки возможной величины λ ВТИМ.

В ходе экспериментальных исследований был уточнен λ вермикулита при разных температурах, проверена его устойчивость после нагрева до 1000 °С, измерен коэффициент поглощения α , который требуется для расчета его λ .

В ходе расчетов получено значение λ ВТИМ на основе четырех методик: по Келлету [2], по Висканту [3], по Росселанду[4] и по Адрианову [5].

Автор данной работы участвовал в измерениях λ ВТИМ и выполнил расчетно-аналитическую часть работы по изучению сложного теплообмена внутри ВТИМ в среде Matlab.

Литература

1. **К.Н. Дубенецкий, А.П. Пожнин** Вермикулит. Стройиздат, Ленинградское отделение, 1971 - 176 с.
2. **Kellet B.S.**, J. Opt. Soc. Amer., 1952, v. 42, № 5.
3. **R. Viskanta, R.J. Grosh** Trans ASME, C 84, № 1, 1962.
4. **Исаченко В.П.** и др. Теплопередача: учебник для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1981, - 416 с., ил.
5. **Адрианов В.Н.** Основы радиационного и сложного теплообмена. М., Энергия, 1972, 464 с ил.
6. **О.А. Сергеев, А.А. Мень** Теплофизические свойства полупрозрачных материалов М., Издательство стандартов, 1977, 288 с.

Р.И. Басидов, студ.; рук-ли Д.В. Сиденков, к.т.н., доц.; П.П. Гранченко, асс. (НИУ «МЭИ»)

А.В. Архипцев, студ.; рук-ли К.И. Кузнецов, к.т.н., доц.; П.П. Гранченко, асс. (НИУ «МЭИ»)

Расчет теплоемкости декафторбутана в жидкой фазе при использовании результатов совместных термических и акустических измерений

Рабочие вещества фторуглеродного состава в силу ряда преимуществ, при разработке, так называемых, «органических циклов Ренкина», могут занять свою нишу в ряду перспективных рабочих тел энергетических установок [1,2]. Одним из таких веществ может считаться малоизученный на сегодняшний день декафторбутан (C_4F_{10}). Отсутствие баз данных о теплофизических свойствах данного вещества, ранее используемого в основном в качестве хладагента, диктует необходимость получения новых баз данных о его свойствах, с целью определения границ его применимости. Комплексное исследование термодинамических (pV -зависимость) и акустических свойств (скорость ультразвука), как свойств, исследуемых наиболее точно, позволяет, рассчитать и другие термодинамические функции при использовании математического аппарата термодинамики [3]. В работе приведены расчеты изобарной и изохорной теплоемкостей декафторбутана с использованием собственных экспериментальных данных о скорости звука, полученными авторами данной работы, совместно с данными о его термических свойствах, полученных на кафедре ТОТ НИУ «МЭИ» ранее [4].

Литература

1. Геллер З.И., Поричанский Е.Г., Романов В.К. Теплофизические свойства веществ и материалов // сб. ГСССД вып. 8, М., Изд-во стандартов, 1975, «Физические константы и свойства веществ».
2. Гранченко П.П., Сухих А.А., Кузнецов К.И. Термодинамический анализ применения рабочих веществ фторуглеродного состава в электрогенерирующих установках малой энергетики // Надежность и Безопасность Энергетики, 2017. Т.10, № 4.
3. Сычев В.В. Дифференциальные уравнения термодинамики. Изд. 3, 2010.
4. Кузнецов К.И. Экспериментально-расчетное исследование термодинамических свойств октафторпропана и декафторбутана: Автореферат дисс. канд. техн. наук. М.: МЭИ, 2009. - 20 с.

*С.А.Степанов, студ.; рук. В.И. Артемов, к.ф.-м.н, вед.науч. сотр.
(НИУ «МЭИ»)*

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУЙНЫХ ТЕЧЕНИЙ

Струйные течения характерны для многих технических устройств: камеры сгорания авиационной и ракетно-космической техники, котельные установки, кислородные конвертеры для выплавки стали и пр. Достоверное моделирование таких течений является важной практической задачей, включающей физически корректное моделирование процессов турбулентности и учета сжимаемости. В данной работе рассматриваются результаты моделирования струйных течений методом RANS (Reynolds - Averaged Navier – Stokes) с помощью компьютерного кода ANES [1].

Расчетная область представляла собой цилиндр. Диаметр основания цилиндра был выбран равным $80R_{jet}$ (где R_{jet} – радиус среза сопла), длина цилиндра – $100 R_{jet}$. На срезе сопла задавались скорость струи, кинетическая энергия турбулентных пульсаций и масштаб турбулентности. Была использована расчетная сетка для осесимметричной постановки (двумерная), общее число расчетных ячеек порядка 30 тыс., по радиусу выходного сечения сопла – 10 ячеек.

Для замыкания системы осредненных уравнений привлекалась модель турбулентности Ментера (SST). Эта модель является двухпараметрической и предусматривает решение уравнений для энергии турбулентности и удельной скорости диссипации. Для сжимаемых течений (число Маха >0.3) учитывалось влияние давления на плотность среды.

Представлены результаты для несжимаемых дозвуковых течений и для сжимаемых сверхзвуковых воздушных струй при различных числах Маха. Верификация расчетов проводилась с использованием данных Трюпеля [2] для несжимаемых дозвуковых струй, и верификационных примеров, выложенных на официальном сайте NASA [3], для сжимаемых сверхзвуковых струй.

Литература

1. **Код ANES** [Электронный ресурс] URL: <http://anes.ch12655.tmweb.ru/> (дата обращения: 10.05.2018)
2. **Trüpel A. W. T.**, Über die Einwirkung eines Luftstrahles auf die umgebende Luft. – Oldenbourg, 1914.
3. **Rumsey C., Smith B., Huang G.**, Langley research center turbulence modeling resource [Электронный ресурс] URL: <https://turbmodels.larc.nasa.gov/index.html> (дата обращения: 23.08.2018). – 2012.

*А.С. Демидов, Е.Э. Рыжова, студенты; рук. А.В. Захаренков,
к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РАБОЧЕМ УЧАСТКЕ – МОДЕЛИ ЛИМИТЕРА ТЕРМОЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

При создании экспериментальных термоядерных энергетических систем и термоядерных систем ближайшего будущего, например, термоядерный источник нейтронов (ТИН) и демонстрационный термоядерный реактор ДЕМО (ДЕМО-С), возникает ряд технологических проблем. Одной из них является обеспечение надежной тепловой защиты элементов конструкции термоядерного реактора, таких как дивертор, лимитер, бланкет. Перспективным решением этой проблемы является использование в качестве материала конструктивных элементов, обращенных в плазму жидких металлов (например, лития) в комбинации с применением капиллярно-пористых структур (КПС) для эффективной стабилизации поверхности жидкого металла в условиях работы экспериментальных систем. Кроме того, в такой конструкции реализуется наиболее эффективный способ теплосъема и перераспределения потоков энергии с рекордно высокой плотностью: испарительно-конденсационный механизм.

На сегодняшний день активно ведутся работы по поиску инновационных способов решения проблемы охлаждения элементов токамаков с литиевыми КПС. Охлаждение мелкодисперсной смесью воды с газом при низких давлениях внутрикамерных устройств токамака и, в том числе, лимитеров с литиевой КПС на стороне, обращенной в плазму, видимо, может рассматриваться как один из перспективных методов.

С этой целью на кафедре ОФиЯС был спроектирован новый экспериментальный стенд с индукционным нагревом мишени состоящий из 4 основных систем: гидравлический контур с рабочим участком, система нагрева на базе генератора ВЧ-60АВ, система охлаждения ВЧ-генератора, система сбора и обработки информации использование оборудования L-Card. Для определения температурного поля на рабочем участке установлены одноэлектродные термодпары, для которых предварительно проведена калибровка. Получены протоколы калибровки. Проведены наладочные эксперименты.

*В.С. Штелинг, студент; рук. А.Т. Комов, д.т.н., профессор
(НИУ «МЭИ»)*

ПРОЕКТ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОСЪЁМА С ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИСПЕРГИРОВАННЫМ ПОТОКОМ

При создании экспериментальных термоядерных энергетических систем, кроме проблем, связанных непосредственно со стационарным длительным удержанием плазмы, возникает ряд технологических трудностей, которые требуют дополнительных исследований, а также решения определенных научно-технических задач.

Наиболее актуальной является разработка и обоснование новых высокоэффективных методов охлаждения жидкометаллических внутрикамерных элементов термоядерных реакторов (лимитеры, дивертор, первая стенка).

Одним из наиболее перспективных способов охлаждения высокотемпературной поверхности является использование диспергированной жидкости. Получение полидисперсной смеси капель обеспечивается за счет применения устройств, предназначенных для мелкого и по возможности равномерного распределения жидкости по сечению струи (форсунок). Благодаря своей высокой эффективности и относительной простоте реализации метод струйного охлаждения успешно может быть применен для отвода тепла от составляющих современных термоядерных энергетических систем, подверженных мощным тепловым нагрузкам.

В данной работе представлен проект установки для исследования гидродинамики и теплообмена диспергированного потока жидкости в пространстве «форсунка – охлаждаемая высокотемпературная поверхность», с использованием форсунки центробежно-струйного типа. Установка представляет собой герметичную камеру, в которой происходит распыление форсункой полидисперсной смеси жидкости и взаимодействие этой смеси с нагреваемой до высокой температуры индукционным способом поверхности. В камере спроектированы два дифференцированных отбора конденсата и неиспарившейся жидкости для получения данных о количестве эффективно-испаряемого теплоносителя, а также смотровые окна для возможности скоростной съёмки процессов.

*Н.А. Лучинкин¹, Д.Ю. Черныш¹, студенты; рук. Н.Г. Разуванов¹, д.т.н.
(1-НИУ МЭИ)*

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МГД И ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ТЕЧЕНИИ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА В П-ОБРАЗНОМ КАНАЛЕ

Жидкие металлы (ЖМ) рассматриваются как перспективные теплоносители в ядерных реакторах на быстрых нейтронах и в термоядерных реакторах (ТЯР) типа ТОКАМАК. Для охлаждения первой стенки, бланкета и дивертора в ТЯР в качестве теплоносителя предпочтительны тяжелые ЖМ, такие, как свинец и его эвтектические сплавы.

Закономерности теплообмена в этих условиях удобно изучать на ртути, которая не рассматривается в качестве теплоносителя в теплообменных устройствах, но принадлежит к тому же классу тяжелых ЖМ. Эти закономерности, присущие модельной жидкости (ртути), вполне идентичны тем, которые ожидаются при течении в каналах модуля бланкета.

Основным препятствием на пути применения жидкометаллических теплоносителей в системах охлаждения является то, что гидравлические потери при прокачке жидкого металла в магнитном поле ТОКАМАК могут быть весьма велики. Однако, рациональным выбором формы сечений теплообменных каналов, их разумным расположением в магнитном поле и обеспечением электроизоляции стенок от ЖМ можно снизить гидравлические потери до приемлемой величины.

Расчет гидродинамики и теплообмена в модуле бланкета будет, очевидно, производиться методами численного моделирования. Методику расчета разумнее всего отработать на ртути и верификацию модели численного расчета выполнить на основе экспериментальных данных.

В данной работе предлагается новая схема компоновки бланкета термоядерного реактора, состоящая из двух подводющих каналов, находящихся в поперечном МП и основного теплообменного канала, который находится в тороидальном МП термоядерного реактора. Подводящий и отводящий каналы, в которых течение происходит в поперечном магнитном поле, необходимо изолировать с помощью керамических вставок, по форме повторяющих форму канала.

В ходе численного моделирования были получены профили осредненных компонент скорости и профили температуры в широком диапазоне чисел Рейнольдса, Гартмана и Грасгофа, а так же данные по гидравлическим потерям для случаев с различной электрической проводимостью стенок канала.

*И.М. Рознин¹, Д.Ю. Черныш¹, студенты; рук. И.А. Беляев², к.т.н.
(1-НИУ МЭИ, 2-ОИВТ РАН)*

ПУЛЬСАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ В МГД ПОТОКЕ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ НЕОДНОРОДНО ОБОГРЕВАЕМОЙ ТРУБЕ

Проведено исследование характеристик теплообмена при течении жидкого металла в горизонтальной трубе с односторонним обогревом нижней половины трубы под воздействие поперечного магнитного поля. Экспериментальные исследования выполнены на ртутном МГД-комплексе НИУ МЭИ–ОИВТ РАН в рамках многолетней программы сотрудничества.

Рассматриваемая конфигурация имитирует элементы системы охлаждения реакторатокамака и ранее была изучена экспериментально [1] и численно [2]. Новая работа направлена на более подробное изучение явления квазигармонических пульсаций температур и режимов течения их вызывающих при наложении сильных магнитных полей.

Рассматриваются характерные поля осредненной и пульсационной температуры анализируются статистические характеристики и закономерности развития и подавления пульсаций температуры, данные сопоставляются с ранее полученными. На рис. 1 представлено сопоставление новых данных о характерных частотах с результатами предшествующих работ.

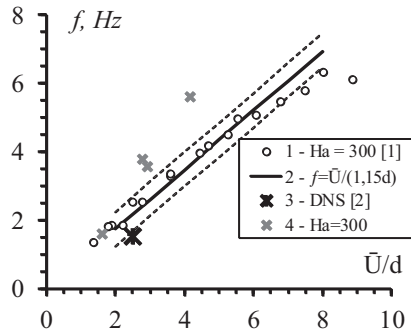


Рис. 1. Зависимость частоты возникающих в магнитном поле температурных пульсаций от средней скорости ртути ($q_1/q_2=55/0$ кВт/м², $Gr_q=0.6 \cdot 10^8$)

Литература

1. Беляев И.А., Ивочкин Ю.П., Листратов Я.И., Разуванов Н.Г., Свиридов В.Г. Пульсации температуры в МГД-потоке жидкого металла в горизонтальной неоднородно обогреваемой трубе //ТВТ. – 2015. – Т. 53. – №. 5. – С. 773-781.
2. Zikanov O., Listratov Y. I., Sviridov V. G. Natural convection in horizontal pipe flow with a strong transverse magnetic field //Journal of Fluid Mechanics. – 2013. – Т. 720. – С. 486-516.

А.А. Клементьев студент; рук. Г.Г. Яньков, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

Численное моделирование вихревых структур, возникающих под действием гравитационной конвекции и сил Кориолиса.

Различные вихревые смерчи – весьма частые природные явления на Земле, которые нередко приводят к катастрофам. Для предотвращения их возникновения или возможного использования их кинетической и тепловой энергии необходимо понимать условия, при которых подобные вихревые структуры возникают, уметь оценивать такие параметры, присущие этим явлениям, как скорость вращения, температура, давление внутри и снаружи воронки. В настоящее время исследования смерч-вихрей (торнадо) находятся в центре внимания многих ученых.

В данной работе предпринята попытка изучить вихревое движение сжимаемого газа, подогреваемого снизу, в поле гравитационных сил и сил Кориолиса. Численное моделирование проводилось с помощью CFD-кода ANES [1]. Система определяющих уравнений включала уравнения сохранения массы, импульса и энергии, записанные в декартовой системе координат. Предполагалось, что газ является совершенным. Расчетная область: трехмерный параллелепипед со сторонами (80,80,160) м. На боковых границах заданы условия "симметрии", на нижней границе – распределение температуры. На верхней – "выходные" условия для уравнения энергии и давления. Верификация полученных результатов расчетов проводилась с привлечением данных из [2].

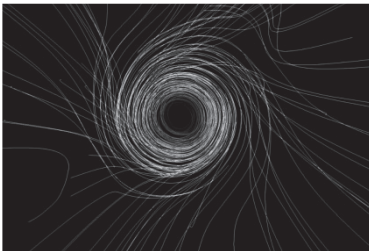


Рис. 1. Вид сверху на линии тока, построенные у центра оси вращения

Литература

1. Код ANES [Электронный ресурс]. URL: <http://anes.ch12655.ttwweb.ru/> (дата обращения 25.11.2018)
2. Kanak, K.M.(2005), Numerical simulation of dust devil-scale vortices, Q. J. R. Meteorol. Soc., 131(607), 1271-1292, doi:10.1256/qj.03.172.

М.А. Соколов, студент; рук. Г.Г. Яньков, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ВЕРИФИКАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО КОДА ANESNA ЗАДАЧЕ О ЗАТУХАНИИ ВИХРЕЙ ТЕЙЛОРА-ГРИНА

Одним из примеров распада одиночного вихря на каскад более мелких, затухающих с течением времени, вихревых структур является распад вихря Тейлора – Грина [1]. Эта задача часто используется как тест для верификации численных схем и алгоритмов компьютерных кодов. В настоящей работе моделирование вихрей Тейлора – Грина проводилось методом LES (Large Eddy Simulation) с использованием модели Смагоринского – Лилли с константой 0.2 для расчета подсеточной вязкости. Расчет полных потоков на гранях контрольных объемов проводился с использованием «защищенной» от неустойчивости центрально – разностной схемы, аппроксимация по времени осуществлялась по трехслойной схеме 2-го порядка точности. Моделирование проводилось для турбулентного режима при $Re = 1600$. Расчетная область представляла собой куб со стороной 2π . Использовались неструктурные расчетные сетки с числом узлов 32^3 , 64^3 , 128^3 , 256^3 . Безразмерный шаг по времени выбирался постоянным $\Delta t = 0.005$, что обеспечивало выполнение условий Куранта. Расчеты выполнялись в среде CFD-кода ANES[2]. На рис.1 результаты настоящей работы по скорости диссипации энергии турбулентных пульсаций, полученные на сетках 128^3 , 256^3 , сравниваются с DNS-данными [1]. Проведен анализ возможных причин, которые влияют на точность результатов расчета.

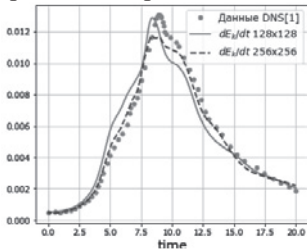


Рис.1 Сравнение графиков зависимости диссипаций кинетической энергии турбулентных пульсаций (1) от времени на сетке 128^3 и 256^3 с DNS - решением.

$$E_k = \frac{1}{\rho_0 \Omega} \int \rho \frac{u_i u_i}{2} d\Omega \quad (1)$$

Литература

1. **Елизарова Т. Г. Широков И. А.** Ламинарный и турбулентный режимы распада вихря Тейлора – Грина // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2013. №63. 16 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-63>
2. Код ANES [электронный ресурс]. URL: <http://anes.ch12655.tmweb.ru/> (дата обращения: 15.10.2018)

*Е.А. Белавина, студ.; рук-ли: И.А. Беляев, к.т.н., (ОИВТ РАН, Москва)
В.Г. Свиридов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

Экспериментальное исследование особенностей смешанной конвекции на примере имитаторов расплава солей под воздействием поперечного магнитного поля.

Одной из основных задач современной энергетики является поиск альтернативных решений в области проектировки энергетических установок. В ряде перспективных ядерных, термоядерных и гибридных проектов возможной рабочей средой выступают расплавы солей [1]. Однако, на пути реализации этих проектов стоит ряд технических проблем, среди которых существуют вопросы взаимодействия расплавленной соли с магнитным полем, особенности её гидродинамики и теплообмена. Работа в этой области проводится коллективом авторов НИУ МЭИ-ОИВТ РАН. Исследования ведутся путем численного моделирования [2] и экспериментов с использованием модельных теплоносителей на установке «Солевой контур РК-3». В качестве модельной жидкости используется 30%-ный раствор КОН в воде. Была проведена серия экспериментов в переходных режимах течения в вертикальной круглой трубе при числах Рейнольдса ($Re=4000-7000$) и в области развитой турбулентности ($Re=10000-20000$) под влиянием сильного поперечного магнитного поля ($Ha=13-14$) и однородным обогревом. В ходе работы экспериментально исследована специфика взаимодействия электромагнитной силы и сил плавучести при МГД-теплообмене расплава соли, которая может проявляться в образовании точек локального перегрева или квазистационарных режимов течения сопровождающихся низкочастотными пульсациями температуры и скорости.

Литература

1. **Велихов А.П., и др.** Ядерная энергетическая система с реакторами деления и синтеза — стратегический ориентир развития отрасли // ВАНТ.ТС. 2017. Т. 40. № 4.
2. **A. V. Kotlyar, et al.** Turbulent mhd heat transfer in liquids with the Prandtl number $Pr > 1$ // Magnetohydrodynamics. 2017. Т. 53. № 3.

*А.А. Данилова, студент; рук. В.В. Глазков, к.т.н., доц.;
рук. В.В. Меркулов, к.т.н., доц.;
(НИУ «МЭИ»)*

РОЛЬ ПАРОЦИРКОНИЕВОЙ РЕАКЦИИ В РАЗВИТИИ ПАРОВОГО ВЗРЫВА В БАСЕЙНЕ ВЫДЕРЖКИ

В случае возникновения тяжелой аварии на АЭС может произойти полное её обесточивание. В таком случае, нарушится процесс отвода тепла от тепловыделяющих сборок. На сегодняшний день самым распространённым конструкционным материалом тепловыделяющих сборок является цирконий. При достижении температуры порядка 900 градусов водяной пар, образовавшийся за счёт остаточного тепловыделения, вступает в бурную реакцию с циркониевыми элементами оболочки ТВС с выделением большого количества теплоты. Это, в свою очередь, может привести к ещё большему нагреву конструкции, плавлению ТВС и последующему её обрушению на дно бассейна и возникновению парового взрыва. При разработке сценария парового взрыва в бассейне выдержки было выдвинуто предположение о возможном развитии "циркониевого пожара" [1], при котором происходит цепное распространение пароциркониевой реакции от свежезагруженных ТВС с высоким остаточным тепловыделением к соседним сборкам.

В рамках данной работы проведена оценка скорости распространения такого пожара. Эта задача решалась расчетом прямого радиационного переноса. Решая уравнения нестационарной радиационной теплопроводности с внутренним источником, определили характерную скорость распространения реакции. Характер распространения «циркониевого пожара» по бассейну выдержки изображен на рис.1.

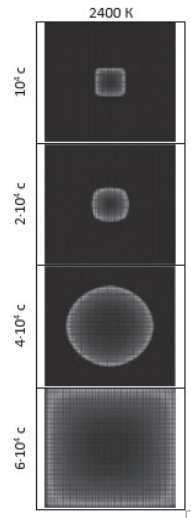


Рис. 1. Изотерма распространения «циркониевого пожара».

Литература

1. Глазков В.В., Данилова А.А., Дуплянкин Р.А., Меркулов В.В. Паровой взрыв в бассейне выдержки на АЭС при тяжелой запроектной аварии// Труды 7-ой Российской национальной конференции по теплообмену (РНКТ-7). 22-26 октября 2018 года. М.: Издательский дом МЭИ. Т.1. С.491-493.

Секция 42

ТЕХНИКА И ФИЗИКА НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Руководитель секции: Крюков Алексей Павлович

Секретарь секции: Королев Павел Викторович

Д.И. Будильников, студ.; рук. Ю.Ю. Пузина, к.т.н., доц.(НИУ «МЭИ»)
**СТАЦИОНАРНАЯ ПАРОВАЯ ПЛЕНКА ПРИ КИПЕНИИ He-II
 В НЕВЕСОМОСТИ**

Проводится интерпретация экспериментальных данных [1], полученных при исследованиях кипения He-II в условиях микрогравитации на уровне $10^{-6}g$. Экспериментальная установка находилась в воздушной капсуле, которая падала в трубе высотой 122 м, при давлении не более 50 Па. В состоянии невесомости система находилась около 4.7 секунд. Одновременно с началом падения капсулы включался нагреватель, расположенный внутри криостата. На поверхности нагревателя образовывалась паровая пленка, которая увеличивалась по мере падения. Исследование проводилось при 4-х мощностях нагревателя, размер которого составлял 1.88 мм в длину и 0.05 мм в диаметре. В результате получены зависимости диаметра пузырька от времени при разных мощностях нагревателя, а также сопутствующая таблица значений температуры жидкости, времени нагрева и теплового потока.

Математическое описание процессов тепломассопереноса представлено в виде системы уравнений, включающей в себя уравнение гидростатики, уравнение теплопереноса в жидкости, полученное на основании полумпирической теории Гортера-Меллинка, балансовые соотношения. На границе раздела фаз записываются условия совместности: формула Лапласа и неравновесное граничное условие, позволяющее связать давление пара с тепловым потоком и температурой на межфазной поверхности. Решение системы сводится к уравнению относительно радиуса сферической паровой пленки:

$$\frac{0.44q_w R_w^2}{R_1^2 \sqrt{2R_h T_1}} + \frac{1}{5} \tilde{f}(T) q_w^3 \frac{R_w^6}{R_1^5} \frac{L \cdot P_b}{R_h T_b^2} - \frac{2\sigma}{R_1} - \rho g h = 0 \quad (1)$$

На основании расчетов построены зависимости стационарного радиуса пленки от теплового потока при разных уровнях гравитации g . Получена таблица, в которой приведено сравнение теоретически рассчитанного стационарного радиуса пленки и полученного в экспериментах. Расхождение составило 7%. Отличия в расчетах с учетом микрогравитации $10^{-6}g$ и при $g=0$ не являются значимыми.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований (проект №17-08-00805).

Литература

1. Visualization of He II boiling process under the microgravity condition for 4.7s by using a drop tower experiment / S. Takada et all. // Cryogenics. 89 (2018). P.157–162.

М.Д. Забавникова, студ; рук. Т.А. Алексеев, к.н.т. доц. (НИУ «МЭИ»)

РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛИННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Криогенные жидкости широко используются в промышленных аэрокосмических системах. В этих системах надлежащая транспортировка, обработка и хранение криогенной жидкости имеют большое значение. При низких температурах передаваемых сред захлаживание неизбежно. Самой главной задачей транспортировки криогенных жидкостей является определение времени захлаживания трубопровода.

При захлаживании трубопровода всегда имеет место двухфазный поток, но расчет его течения и происходящих при этом процессов усложняется нестационарным характером течения процесса. Когда жидкость поступает в трубопровод, начальная температура которого равна температуре окружающей среды, жидкость быстро вскипает и охлаждает стенки трубы около входа. Холодный пар движется вдоль трубопровода, охлаждая его стенки. В каждый момент захлаживания реализуются различные режимы двухфазного течения по длине трубопровода. Во время захлаживания фронт жидкости движется вдоль трубопровода, пока не достигнет выходного сечения. Когда это произойдет, считают, что захлаживание закончено[1].

Для анализа процесса охлаждения трубопровода была изучена статья [2]. Экспериментальное исследование дало точную картину захлаживания трубопровода. На основании полученных данных было проведено сравнение результатов экспериментального исследования и расчетного. Так как в статье не указаны все необходимые данные, теоретическая модель приблизительно соответствует экспериментальной. Построены графики зависимости температуры стенки от времени. Найдена связь экспериментальной модели и теоретической.

Проведение расчета охлаждения трубопровода при протекании газов и жидкостей требует знания коэффициента теплоотдачи и гидравлического сопротивления. В процессе охлаждения трубопровода изменяется температура стенки канала, расход среды и её температура на входе и выходе остается постоянной.

Литература

1. **Филин Н.В., Буланов А.Б.** Жидкостные криогенные системы. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985.—247 с, ил.
2. **К. Yuan, Y. Ji, J. N. Chung.** Cryogenic chilldown process under low flow rates. Int. J. Heat and Mass Transfer, Vol. 50, pp. 4011-4022, (2007).

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

АНАЛИЗ УСТАНОВОК ОЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Неограниченное использование в транспорте нефтяного моторного топлива постепенно приводит к дефициту нефти. Этот фактор, а также все увеличивающееся загрязнение атмосферы продуктами сгорания топлива с большим содержанием углерода и вредных примесей, вынуждает всё более широко использовать в качестве моторного альтернативные топлива, в частности сжиженный природный газ.

Основной целью работы является проведение термодинамического анализа и расчет цикла ожижения малотоннажных установок природного газа.

Исследование проводится для определения термодинамической эффективности малотоннажных установок природного газа, а также для оценки влияния отдельных узлов установки на термодинамическую эффективность цикла ожижения [1]. Анализ производится энтропийно-статистическим методом [2].

Рассматриваются дроссельный и дроссельно-эжекторный циклы ожижения высокого давления с предварительным охлаждением пароконденсационной холодильной машиной (ПКХМ). При выборе хладагента ПКХМ также учитываются его экологические свойства [3].

Литература

1. **Гохштейн Д.П.** Современные методы термодинамического анализа энергетических установок, М., «Энергия», 1969.
2. **Архаров А.М.**, Основы криологии. Энтропийно-статистический анализ низкотемпературных систем, Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.
3. **Охотин В.С., Александров А.А.**, Таблицы термодинамических свойств фреонов и других хладагентов: Методическое пособие по курсам "Термодинамика" и "Теоретические основы теплотехники" по направлениям "Теплоэнергетика", "Энергомашиностроение" и "Техническая физика", Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). – М.: Изд-во МЭИ, 2001.

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

ОЦЕНКА ПРОВОДИМОСТИ ТРУБОПРОВОДА В КРИОВАКУУМНЫХ СИСТЕМАХ

Бурное развитие и все более расширяющиеся области применения криовакуумного оборудования обуславливают разнообразие и индивидуальность физических и эксплуатационных факторов, увеличивающую структурную усложненность, возрастающую ресурсоемкость действующих и, в еще большей степени, разрабатываемых криовакуумных систем. Для стабильного поддержания криотемператур, близких к абсолютному нулю, необходимо иметь криовакуумную систему, которая позволяет в как можно более короткие сроки получать и длительное время непрерывно поддерживать высокий вакуум [1]. Такая задача ставилась при модернизации экспериментального стенда построенного на кафедре Низких Температур НИУ «МЭИ» [2]. В рамках модернизации стенда предлагалось улучшить откачку газов из рабочего объема на этапах как вязкостного так и молекулярного режимов течения. Это позволило бы повысить эффективность использования насоса, установленного на стенде и, следовательно, дало бы возможность без помех изучить процессы, протекающие при кипении гелия-II, в частности рост паровой пленки на поверхности цилиндрического нагревателя. Эффективная откачка воздуха на этапе подготовки экспериментальной ячейки к проведению опытов, а также откачка образующихся при работе нагревателя паров жидкого гелия в процессе проведения экспериментов необходимы для обеспечения оптимальных условий в сосуде Дьюара, в который помещена ячейка.

Достижение высокой скорости откачки при среднем или высоком вакууме является сложной технологической задачей. Как правило, такие системы состоят из нескольких (двух, а иногда и более) последовательно подключенных насосов, азотных ловушек и трубопровода. При расчете и проектировании таких систем внимание уделяют не только насосу, но и трубопроводу, ведь от длины и площади поперечного сечения трубопровода зависит время откачки и количество газа, проходящего через сечение трубопровода в единицу времени [3]. Этот показатель называют проводимостью трубопровода.

Анализ проводимости трубопровода очень важная задача, ставящаяся на этапе проектирования криовакуумной системы, и обусловлена она рядом факторов [4]. В их число входит и экономический фактор, который в наши дни играет не малозначимую роль в промышленности.

Применение стандартных гидродинамических моделей для оценки проводимости применительно к разряженному газу малоэффективно. Хотя они и универсальны, но специфика работы криовакуумных систем делает несостоятельными предпосылку применения данных моделей – предположение об однородности поля скоростей откачиваемого газа.

В наши дни для подобных задач разработаны и используются ряд математических моделей, основанных, в том числе и на математической статистике, которые учитывают данный аспект и показывают весьма неплохие результаты оценки проводимости трубопроводов в криовакуумных системах.

Один из таких методов нашёл свое применение при модернизации стенда, разработанного для проведения исследований кипения сверхтекучего гелия-II на цилиндрическом нагревателе. Благодаря оценке проводимости методом угловых коэффициентов был подобран новый трубопровод, обеспечивающий более эффективную откачку воздуха и гелия из сосуда Дьюара экспериментального стенда.

Литература

1. **Нестеров С.Б., Васильев Ю.К., Андросов А.В.** Расчет сложный вакуумных систем, М.: Изд-во МЭИ, 2001, – 180с.
2. **П.В. Королёв, И.А. Ячевский.** Эксперимент по кипению He-II внутри пористой структуры // Труды Седьмой Российской национальной конференции по теплообмену: в 3 томах (22–26 октября 2018 г., Москва) – М.: Издательский дом МЭИ, 2018. – Т. 2. – С.67 – 70.
3. **Нестеров С.Б., Васильев Ю.К., Андросов А.В.** Методы расчета вакуумных систем, М.: Изд-во МЭИ, 2004, – 220с.
4. **В.И. Иванов.** Вакуумная техника: Учебное пособие, СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 129С.

И.С. Городнов, асп.; рук. В.И. Мозгоричный, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

КРИОСТАТ РАСТВОРЕНИЯ ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ ДЛЯ УСКОРИТЕЛЯ "ELSA"

Для исследования поляризационных эффектов в физике элементарных частиц широко применяются поляризованные мишени замороженного типа (FrozenSpinTarget, FST) [1], основным узлом которых являются рефрижераторы растворения ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$. Применение именно этого типа криостатов обусловлено возможностью достижения сверхнизких температур (ниже 50 мК) при достаточной для проведения эксперимента холодопроизводительности, а также возможностью проведения непрерывных длительных экспериментов (до нескольких месяцев). Стоимость проведения экспериментов с поляризованными мишенями замороженного типа, сложность создания установок FST, в частности криостатов растворения, сильно ограничивают распространение поляризационных исследований.

Для ускорителя «ELSA», университета г. Бонн, Германия, силами Сектора Низких Температур Лаборатории Ядерных Проблем Объединённого Института Ядерных Исследований, г. Дубна, создаётся рефрижератор растворения ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ как главная часть FST. Наладка установки и запуск в эксплуатацию планируется на 2019 г.

Целевые параметры криостата растворения:

- Температура образца <30 мК, при размере образца $L=20$ мм, $\varnothing=20$ мм.
- Холодопроизводительность на температурном уровне 300 мК >30 Вт при циркуляции ${}^3\text{He} \sim 10$ ммоль/с.
- Потребление жидкого ${}^4\text{He} < 4$ л/ч.
- Температура удерживающей катушки ~ 1.3 К, при токе 50-100 А.

На базе данного криостата, помимо основного его предназначения, готовится проведение теплофизических экспериментов и исследование работы отдельных его узлов.

Конструкция данного криостата является оригинальной, при его разработке применялось большое количество эмпирических данных и допущений в проектировании узлов, и в особенности сложных многопоточных теплообменников в широком интервале температур.

Целью данного исследования является расчёт и моделирование работы узлов криостата растворения, оценка существующей конструкции и поиск иных вариантов исполнения и оптимальных параметров установки.

Литература

1. Усов Ю.А. Разработка и создание криогенных установок для мишеней с замороженной поляризацией ядер водорода и дейтерия: автореферат диссертации на соискание учёной степени к.т.н. по специальности: 01.04.01, Дубна, 2000.

*А.А. Сидоров, аспирант; рук. А.К.Ястребов, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ВЛИЯНИЕ ТУРБУЛИЗАЦИИ ПОТОКА НА КОАГУЛЯЦИЮ КАПЕЛЬ ПРИ ОБЪЕМНОЙ КОНДЕНСАЦИИ В СВЕРХЗВУКОВОМ ПОТОКЕ

Основной целью данной работы является комплексное исследование сверхзвукового истечения парогазовой смеси через сопло. В рамках этой задачи рассматривается влияние турбулизации потока парогазовой смеси на коагуляцию конденсированных капель.

Исследование объемной конденсации осуществляется путем решения кинетических уравнений методом прямого численного моделирования с учетом коагуляции капель. При решении рассматривается одномерное стационарное течение парогазовой смеси (тяжелая вода в качестве конденсирующегося компонента, и азот в качестве газа-носителя) в сверхзвуковой части сопла.

Ранее авторами при исследовании объемной конденсации при сверхзвуковом истечении потока через сопло с учетом коагуляции капель было обнаружено заметное расхождение результатов расчетов с экспериментальными данными для числовой плотности капель в единице массы. В экспериментах количество капель уменьшается быстрее, что может объясняться тем, что коагуляция капель происходит не только вследствие броуновского движения (в расчетах учитывался только этот фактор), но и вследствие турбулентных пульсаций. Возможная турбулизация потока подтверждается полученными ранее результатами решения рассматриваемой задачи в трехмерной постановке [1]. В данном решении были выявлены стационарные вихри в полости расширяющейся части рассматриваемого сопла.

В ходе решения предполагается получить данные для различных моделей турбулентности, а также уточнить результаты расчетов для числовой плотности капель в единице массы и достичь согласования с экспериментальными данными. Количественные данные будут представлены на конференции.

Литература

1. Сидоров А.А., Ястребов А.К. Численное моделирование объемной конденсации при истечении парогазовой смеси через сопло методом конечных объемов. Труды РНКТ-7, М.: Издательский дом МЭИ, 2018. Т1. С 73-75.

В.О. Майоров асп.; рук. А.К. Ястребов, к.т.н., доц.(НИУ «МЭИ»)
**ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ ОБЪЕМНАЯ КОНДЕНСАЦИЯ
КОМПОНЕНТОВ СМЕСИ ПЕРЕСЫЩЕННЫХ ПАРОВ**

На сегодняшний день объемная конденсация смесей, состоящих из нескольких паровых компонент, является слабоизученным процессом, поэтому исследование данного феномена представляет большой интерес.

Описание конденсации многокомпонентной смеси осложняется рядом обстоятельств: определение состава зародышей новой фазы и его изменения в процессе роста капель. Для описания кинетики такого фазового перехода необходимо использовать функцию распределения не только по размерам, но и по составу капель, поэтому кинетическое уравнение также должно быть модифицировано.

В качестве первого приближения предлагается рассмотреть последовательную конденсацию компонент бинарной смеси. Сначала происходит фазовый переход одного компонента, затем начинаются процессы нуклеации и конденсации на поверхности ранее образовавшихся капель.

В настоящей работе рассматривается пространственно однородная задача. В качестве начального условия задается некоторая степень пересыщения, при которой возможна объемная конденсация. Для описания используется система из двух кинетических уравнений для каждого компонента бинарной смеси. Вид уравнений аналогичный тому, который авторы использовали в более ранней работе [1]. Также математическая модель включает уравнения баланса массы и энергии, учитывающие конечную интенсивность межфазного теплообмена[2].

Количественные данные в виде зависимостей параметров газовой фазы и интегральных характеристик конденсационного аэрозоля (числовая плотность капель, массовая доля жидкости и т.д.) от времени будут представлены на конференции.

Литература

1. **V.O. Mayorov, A.K. Yastrebov.** Numerical study of bulk condensation in laminar flow diffusion chamber// Journal of Physics: Conference Series, Volume 891, Issue 1, article id. 012129 (2017)
2. **Н.М. Корценштейн, Е.В. Самуйлов, А.К. Ястребов.** Межфазный теплообмен и кинетика конденсационной релаксации для различных режимов роста капель // Коллоидный журнал. 2012. Т. 74. № 1. С. 60 – 70.

*В. А. Новиков, А. А. Градусов аспиранты; рук. А. П. Крюков, д.т.н.
(НИУ «МЭИ»)»*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИСПАРЕНИЯ КАПЕЛЬ В УСЛОВИЯХ АКУСТИЧЕСКОЙ ЛЕВИТАЦИИ

Основной целью работы является изучение процесса испарения капель жидкости при их устойчивом удержании в стоячей акустической волне.

Исследование процесса испарения проводится с целью дальнейшего применения разработанной методики к изучению процессов испарения криогенных жидкостей.

Состояние акустической левитации реализуется с помощью модернизированной установки, разработанной в Бристольском университете [1]. Принцип работы установки основан на получении стоячей акустической волны с помощью двух групп ультразвуковых пьезоэлементов расположенных друг над другом. Теоретическая основа реализуемого процесса рассмотрена в [2]. Проведенные эксперименты, на созданной авторами установке [3], выявили недостатки используемой установки, в частности, проблемы с удержанием капель воды. В новом варианте изменены пьезоэлементы (на Murata MA40S4S) и их компоновка, что позволило нивелировать выявленные недостатки. В процессе проведения эксперимента измеряется изменение объема и температуры, подвешенных в стоячей акустической волне капель жидкости от времени.

Новая установка способна устойчиво удерживать капли воды в течение всего времени испарения, что в свою очередь позволило получить достоверные результаты измерений изменения температуры и объема.

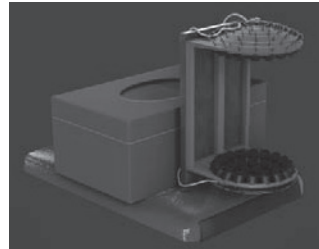


Рис. 1. 3D модель модернизированной установки.

Литература

1. **Asier Marzo, Adrian Barnes, Bruce W. Drinkwater.** TinyLev: A multi-emitter single-axis acoustic levitator // J. REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS 88, 085105 (2017).
2. **Горьков Л.П.** О силах, действующих на малую частицу в акустическом поле в идеальной жидкости // Доклады Академии наук СССР. — 1961. — Т. 140(1). — С. 81–91.
3. **Новиков В.А., Градусов А.А.** Исследование процесса испарения капель в условиях акустической левитации // РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА: Двадцать четвертая Междунар. науч.-техн. Конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. – М.: ООО «Центр полиграфических услуг «Радуга», 2018. – 1120 с.

И.В. Чесноков, студ.; рук. А.В. Бухаров, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНДЕНСАЦИОННОГО ЗАХВАТА ПАРОВ ВОДЫ КРИОГЕННОЙ АЗОТНОЙ ЛОВУШКОЙ

При инъекции всреду с низким давлением поверхность струи оказывается сильно перегретой по отношению к температуре окружающей среды. В результате на струе могут появиться различного вида неустойчивости, влияющие на гидродинамику, теплообмен и даже на саму геометрию струи. К сожалению, необходимо отметить, что поверхностные неустойчивости сильно перегретой струи мало изучены как теоретически, так и экспериментально.

Для исследования капиллярного распада струй в среде низкого давления создана экспериментальная установка [1].

В качестве устройства, обеспечивающего наиболее полный захват паров воды, образующихся в результате интенсивного испарения жидкости с поверхности исследуемых капиллярных струй, была выбрана криогенная азотная ловушка.

Для определения основных практических характеристик ловушки: максимально возможного времени работы без значительногоувеличения давления и величины, обеспечиваемого ловушкой, минимального давления, – было произведено численное моделирование процесса захвата ловушкой паров воды с помощью CFD пакета Phoenics [2].

На основании полученных численных результатов был сконструирован и создан образец ловушки. При испытании образца было получено достаточно хорошее соответствие между расчётными характеристиками ловушки и экспериментально измеренными.

Работы были поддержаны грантом РФФ 18-19-00615.

Литература

1. **Бухаров А.В., Дмитриев А.С.** Криогенные корпускулярные мишени в энергетике – М.: Издательство МЭИ, 2013. – 143 с.
2. **Official site of company CHAM / Products**, 2013. – URL: www.cham.co.uk.

*В.О. Майоров асп.; рук-ли А.К. Ястребов, к.т.н., доц.(НИУ «МЭИ»),
В.Ю. Левашов, к.т.н., в.н.с.(НИИ механики МГУ, Москва)*
**ПРОЦЕССЫ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА ПРИ ИНЖЕКЦИИ
АЭРОЗОЛЯ В ОБЛАСТЬ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ**

Существует ряд практически важных задач, связанных с впрыском аэрозолей в область с пониженным давлением [1]. В таких условиях жидкость находится в метастабильном состоянии, ее температура значительно выше температуры насыщения при давлении среды, поэтому начинаются интенсивные процессы тепло-и массопереноса. Перегретая жидкость испаряется с поверхности капель, а при достаточно большом отклонении от состояния равновесия в ней начинается процесс образования зародышей новой фазы (паровых пузырьков). Необходимо отметить, что образовавшийся в результате испарения пар может конденсироваться на каплях, присутствующих в исследуемой области.

Для описания изменения интегральных характеристик аэрозоля (числовая плотность капель, средний размер капель и т.д.) целесообразно использовать кинетическое уравнение для функции распределения капель по размерам. Данное уравнение позволяет описывать как образование зародышей новой фазы, так и изменение размеров капель вследствие процессов кипения, испарения и конденсации. Однако это достаточно затруднительно, поэтому в качестве первого шага предлагается оценить вклад конденсации, который не учитывался в работах других авторов.

Рассматривается пространственно однородная задача. В начальный момент времени задаются распределение капель по размерам, а также параметры системы, взятые из работы [1]. Математическое описание включает в себя кинетическое уравнение для функции распределения капель по размерам, а также балансовые соотношения массы и энергии. Вид кинетического уравнения аналогичен использовавшемуся авторами ранее [2]. Результаты численного решения позволяют оценить влияние конденсации на изменение характеристик аэрозоля в исследуемой области.

Литература

1. **Meng Luo and Oskar J. Haidn.** Characterization of flashing phenomena with cryogenic fluid under vacuum conditions // Journal of Propulsion and Power, Volume. 32, No. 5, pp 1253-1263 (2016)
2. **V.O. Mayorov, A.K. Yastrebov.** Numerical study of bulk condensation in laminar flow diffusion chamber // Journal of Physics: Conference Series, Volume 891, Issue 1, article id. 012129 (2017)

И.А. Ячевский, асп.; рук. П.В. Королев, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ПРОБЛЕМА ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
 ДАННЫХ ПО КИПЕНИЮ НЕ-II ВНУТРИ ПОРИСТОЙ
 ОБОЛОЧКИ**

Для дальнейшего изучения процессов теплопереноса и термомеханического эффекта в гелии-II необходимы теоретические модели, удачно интерпретирующие экспериментальные данные, полученные в рамках экспериментов по кипению гелия в стесненных условиях [1], и при этом пригодные для анализа и обобщения результатов исследований прочих криогенных жидкостей. По этим причинам целью работы была формулировка модели, которой будут хорошо соответствовать новые данные о кипении He-II в конкретном эксперименте.

В докладе приведено сравнение результатов расчетов по известным моделям кипения с опытными данными, полученными в эксперименте по пленочному кипению гелия на поверхности гладкого цилиндрического нагревателя, расположенного на оси специальной ячейки с цилиндрической пористой оболочкой, которая представляет собой многослойную тканую металлическую сетку, помещённую внутрь корпуса ячейки и припаянную к нему [2].

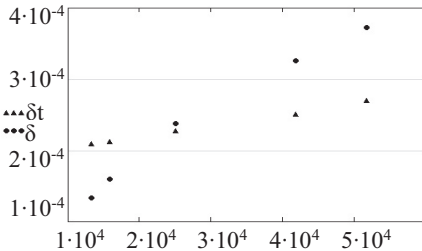


Рис.1. Сравнение теоретической толщины паровой пленки (δ_t) с экспериментальной (δ) в зависимости от удельного теплового потока (q).

Пример такого сравнения расчетной зависимости толщины паровой пленки от величины удельного теплового потока с нагревателя и аналогичных экспериментальных данных представлен на рис. 1.

Полученные данные используются для анализа на соответствие теоретических моделей кипения He-II результатам экспериментов.

Дальнейшие исследования направлены на определение влияния конструкции ячейки и характера поверхности нагревателя на образование паровой пленки в He-II.

Литература

1. **Королев П.В., Крюков А.П., Пузина Ю.Ю.** Экспериментальное исследование кипения сверхтекучего гелия (He-II) внутри пористого тела. // Прикладная механика и техническая физика. 2017. Т. 58. № 4. С. 126-134.
2. **Королев П.В., Крюков А.П., Пузина Ю.Ю.** Конструкция экспериментальной ячейки для исследования кипения гелия-II в условиях невесомости. // Вопросы электромеханики. Труды НПП ВНИИЭМ. 2012. Т. 130. №. 5. С. 43-50.

*М.А. Мун, И.В. Чесноков, студенты; рук. А.В. Бухаров, д.т.н., проф.
(НИУ “МЭИ”)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ГЕНЕРАЦИИ МОНОДИСПЕРСНЫХ ПОТОКОВ

Одной из важнейших задач в области космических систем и технологий является создание новых перспективных систем теплоотвода от космических аппаратов. С точки зрения максимального теплоотвода особый интерес представляют радиационные капельные холодильники-излучатели – КХИ. В излучателях такого типа используются монодисперсные капельные потоки из вязких жидкостей. Капли выбрасываются в космическое пространство в виде регулярной структуры (капельной пелены), излучают тепло, охлаждаются и собираются в сборнике капель. Особенно эффективно использование КХИ в тех случаях, когда мощность теплоотвода от космического аппарата превышает 100 кВт, а при мощностях больших 10 МВт конкуренцию КХИ не может составить ни одна из существующих систем теплоотвода [1].

Главным элементом КХИ является генератор монодисперсных капель с системой возбуждения и выходной насадкой. К настоящему времени ни конструкции генераторов, ни технология производства насадок с большим количеством выходных соосных отверстий так до конца и не отработаны.

Для выявления влияния расхода теплоносителя на распределение температуры внутри генератора монодисперсных капель с помощью пакета PHOENICS [2] было произведено численное моделирование процессов теплообмена внутри генератора.

Были протестированы и определены рабочие характеристики двух типов экспериментальных генераторов капель. На выходе первого типа создаётся плоский капельный поток из семи капельных струй. На выходе второго – объёмный капельный поток из сорока пяти капельных струй.

На основании проведённых испытаний можно сделать вывод о перспективности использования разработанных генераторов в радиационных капельных холодильниках-излучателях.

Работы были поддержаны грантом РФФИ 18-19-00615.

Литература

1. **Бухаров А.В.** Теплофизические проблемы получения стабильных капельных потоков с минимальным разбросом по скорости и размерам капель. Москва, 2016 г.
2. **Official site of company CHAM / Products**, 2013. – URL: www.cham.co.uk.

Секция 43

НАНОТЕХНОЛОГИИ

Руководитель секции: Дмитриев Александр Сергеевич
Секретарь секции: Макаров Петр Георгиевич

*М.Ю. Выrostков, аспирант;
К.Б. Бу-Хасан, научн.конс. (филиала АО «ОРКК» - «НИИ КП»);
рук. Ю.А. Волков, к.ф.-м.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПАРАМЕТРЫ СТОЙКОСТИ DIGITAL FET И POWER MOSFET ТРАНЗИСТОРОВ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ТЯЖЕЛЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

В работе проведен анализ влияния повышенной и нормальной температуры (25 ± 5) °С на параметры стойкости транзисторов на примере MOSFET FDV303N (технология Trench FET), IRF9530NSPBF (технология HEXFET) и Digital FET SI7625DN-T1-G3 (технология DMOS) к воздействию тяжелых заряженных частиц (ТЗЧ) космического пространства (КП), представлены результаты исследований.

Цель работы – исследования n- и p-канальных транзисторов с целью уточнения экспериментальных данных по влиянию температуры на электрические режимы, в которых возникают эффекты SEB, SEGR, LD SEGR и SEHE при воздействии ионов с ЛПЭ от 15 до 40 МэВ·см²/мг (Si).

В процессе испытаний контролировались ток стока и ток затвора. До и после каждого подсеанса проводился параметрический контроль, стрессовый затворный тест и снимались стоковые и сток-затворные характеристики. Проводилась регистрация следующих одиночных радиационных эффектов SEGR, SEB, LD SEGR, SEHE.

Литература

1. К.Б. Бу-Хасан, В.С. Анашин, А.Е. Козюков, С.А. Яковлев, Т.А. Максименко, П.А. Чубунов «ЗАВИСИМОСТЬ ОБР ТРАНЗИСТОРОВ ТИПА HEXFET ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ТЗЧ ОТ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ».

2. К.Б. Бу-Хасан, В.С. Анашин, А.Е. Козюков, С.А. Яковлев, Т.А. Максименко «РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ СТОЙКОСТИ MOSFET ТРАНЗИСТОРОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ»

3. Радиационная стойкость изделий ЭКБ: Научное издание / Под ред. д-ра техн. наук, проф. А. И. Чумакова. М.: НИЯУ МИФИ, 2015. — 512 с.

Н.В.Серегин, студ.; рук. И.А. Михайлова, к.т.н, доц. (НИУ «МЭИ»)

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОГНЕЗАЩИТНЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ АКРИЛОВЫХ ДИСПЕРСИЙ С ДОБАВЛЕНИЕМ НАНОКОМПОНЕНТОВ

Полимерные композиционные материалы на основе дисперсных наполнителей, обладая особым комплексом эксплуатационных свойств, являются востребованным конструкционным материалом (КМ) при строительстве энергетических объектов. Непрерывно возрастающие требования к параметрам КМ с точки зрения повышения надежности, долговечности, экономической эффективности и конкурентоспособности ведут к разработке новых типов КМ. В научно-производственной практике традиционно используют дисперсные наполнители для целей модификации полимеров и создания материалов с заданными свойствами, применение новых компонентов приводит к значительной экономии нефтегазового сырья и снижению себестоимости материала.

Цель настоящего исследования – изучение физико-химических свойств огнезащитных лакокрасочных покрытий для металлоконструкций энергетических объектов на основе акриловых дисперсий с использованием наноконпонентов, и улучшение характеристик существующих огнезащитных составов путем добавления дисперсных частиц микро- и наноразмеров (графен, оксид титана, стеклянные наносферы).

В работе содержатся методики и схемы экспериментальных установок для получения и анализа ряда металлических образцов с огнезащитными покрытиями определенных толщин и результаты проведенных исследований: измерение адгезии, отжиг образцов в муфельной печи для определения коэффициента вспучивания, измерение лиофильности/лиофобности поверхностей.

Продолжение исследования состоит в добавлении наноконпонентов в составы огнезащитных покрытий для улучшения их физико-химических свойств.

Литература

1. **А.С. Дмитриев, И.А. Михайлова**, Физико-химия наноструктур. М.: Изд-во МЭИ, 2013. – 240 с.
2. **М.И. Карякина**. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий. М.: Изд-во Химия, 1988. – 272 с.

В.Н. Булатов, студ.; рук. И.А. Михайлова, к.т.н, доц. (НИУ «МЭИ»)

Исследование физико-химических свойств теплоизоляционных покрытий на основе акриловых дисперсий с использованием наноконпонентов для поверхностей и конструкций энергетического оборудования

Рациональное использование энергии, энергосбережение – важнейшее направление развития экономики. Технологии обеспечения эффективной теплозащиты конструкций и инженерного оборудования особенно важны по причине низкой среднегодовой температуры на большей части территории России.

Перспективным решением проблемы сохранения тепла в тепло-энергоснабжении является применение сверхтонких теплоизоляционных покрытий, представляющих собой жидкие составы с заполнением полыми стеклянными сферами с размерами 10–400 нм.

В работе исследованы физико-химические и теплофизические свойства теплоизоляционного покрытия с включением стеклянных наносфер на поверхности и в объеме; изучены характеристики и обоснована эффективность применения сверхтонких теплоизоляционных покрытий.

В ходе исследований были подготовлены несколько образцов водной дисперсии акрилстирольных полимеров (матрицы) с заполнением стеклянными сферами. Газовая фаза внутри сфер – воздух и оксид углерода.

В ходе исследований определены зависимости теплоизоляционных свойств покрытий: от объемной доли полых сфер и связующего компонента; от содержания газовой фазы сфер; от равномерности распределения сфер в дисперсии; от наличия пустот.

Были исследованы свойства образцов после воздействия повышенных и пониженных температур, определены показатели паропроницаемости и сопротивления паропроницаемости, изучено влияние увлажнения на теплофизические показатели теплоизоляционного покрытия. Эти исследования позволяют прогнозировать поведение покрытия в реальных условиях при воздействии на них агрессивной внешней среды.

Литература

1. **А.С. Дмитриев.** Введение в нанотеплофизику. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 790 стр.: ил. – (Нанотехнологии)
2. **Н.Н. Жданов.** Теплозащитный состав с использованием наноразмерных компонентов / Н.Н. Жданов, Р.М. Гарипов // Дизайн. Материалы. Технология. – 2013. - №5. – С.53-56.

*М.А. Подкопаев, аспирант; рук. И.А. Михайлова, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ХАРАКТЕРИСТИКИ КМОП ФОТОПРИЕМНОЙ ЯЧЕЙКИ ИК-ДИАПАЗОНА ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УСТРОЙСТВ МИКРОСИСТЕМНОЙ ТЕХНИКИ

Фотоэлектрические преобразователи (ФП) и формирователи оптического сигнала на их основе широко применяются в РЭА, телемеханике и других отраслях промышленности вследствие с такими преимуществами как большой срок службы, энергоэффективность.

Целью работы являлось изучение влияния технологических режимов плазмохимического травления (ПХТ) пассивирующих нанослоев пикселя на характеристики ФП в ИК-диапазоне.

Одной из главных характеристик, обеспечивающей высокую работоспособность ФП, является спектральная чувствительность, которая определяет отношение амплитуд входного и выходного сигналов.

ПХТ позволяет создать на поверхности пассивирующих микро- и нанослоев пикселя ФП окна-колодцы, что позволит приблизить область генерации носителей к эпитаксиальному слою. В связи с этим исследования влияния глубины технологических колодцев на спектральную чувствительность ФП представляет большой интерес.

Объект исследования – экспериментальные образцы ФП - пиксели – элементарные ячейки оптического сенсора на базе матричного КМОП ФП (5 шт.). Экспериментальные образцы отличались глубиной технологических колодцев в многослойной структуре оксинитридов кремния.

Согласно полученным данным величина отношения «сигнал/шум» падает с ростом глубины технологического колодца, что позволяет повысить эффективность работы ФП в ближнем ИК диапазоне.

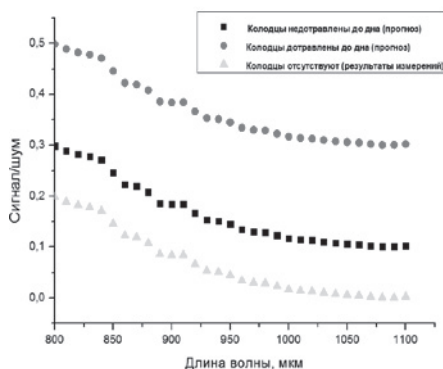


Рис. 1. Отношение сигнал/шум при различных длинах волн падающего излучения

Литература

1. Горбачёв А. А., Коротаев В. В., Ярышев С. Н. Твердотельные матричные фотопреобразователи и камеры на их основе – М., 2013.

О.В. Пинчук, М.Ф. Камалеев, студенты, Т.П. Савчук, Д.А. Дронова, аспиранты; рук. П.И. Лазаренко, к.т.н. (НИУ «МИЭТ», Зеленоград)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОРФОЛОГИИ ОСАЖДЕННЫХ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОГО НАСЛАИВАНИЯ ИЗ ЖИДКОЙ ФАЗЫ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА МЕДИ НА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОГЕТЕРОСТРУКТУР TiO_2/CuO

В настоящее время TiO_2 широко изучается и используется в качестве фотокатализатора для разложения органических загрязнителей из-за хорошей химической стабильности, гидрофильности, нетоксичности, низкой стоимости и сильных окислительных способностей. Повышение фотоактивности TiO_2 в видимом диапазоне излучения, увеличение эффективности разделения и снижение рекомбинации носителей заряда возможно за счет использования различных подходов модификации поверхности и структуры материала [1]. Подходы в основном заключаются во внедрении катионных и анионных примесей в кристаллическую решетку TiO_2 , а также модификации поверхности наночастицами. Особый интерес представляют наночастицы переходных металлов. Таким образом, целью данной работы являлось исследование влияния морфологии наночастиц CuO на фотокаталитические свойства образцов TiO_2 .

Слой TiO_2 формировался золь-гель методом на стеклянных подложках с проводящим слоем FTO. Формирование наночастиц CuO осуществлялось методом молекулярного наслаивания из жидкой фазы (SILAR). Морфология частиц изменялась за счет вариации количества циклов осаждения и была исследована методом растровой электронной микроскопии. Исследование фотокаталитических свойств проводилось с использованием симулятора Солнца (Newport 67005). В качестве модельного загрязняющего вещества использовался метилен голубой.

В ходе выполнения исследований было установлено, что увеличение циклов осаждения CuO , а, следовательно, и размера наночастиц, приводит к повышению фотокаталитической активности исследуемых образцов. Использование наночастиц CuO , осажденных простым и дешевым методом SILAR, позволило увеличить скорость реакции разложения метилена голубого приблизительно на 39 % по сравнению с немодифицированным образцом TiO_2 .

Литература

1. Marschall R. Semiconductor composites: strategies for enhancing charge carrier separation to improve photocatalytic activity // *Advanced Functional Materials*. – 2014. – Т. 24. – №. 17. – С. 2421-2440.

*Д.Д.Бабенко, асп.; А.В.Овчинников, научн.конс., к.ф.-м.н (ОИВТ РАН);
рук. А.С. Дмитриев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО ОПТИЧЕСКИМ ВЫПРЯМЛЕНИЕМ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ, НА МИКРОСЛОИ ГРАФЕНА РАЗЛИЧНОЙ ТОЛЩИНЫ

В данном исследовании описана схема получения импульсного терагерцового излучения методом оптического выпрямления в органическом кристалле, а также методика измерений ТГц излучения с помощью балансных диодов и автокоррелятора.

Цель работы – изучение спектра пропускания слоёв графена различной толщины в терагерцовом диапазоне [1,2]. В рамках данной работы сделаны образцы многослойного графена (графеновые нанохлопья) разной толщины на поверхности кремния. Образцы были получены путём осаждения графена из коллоидного раствора. Использование кремния как подложки обусловлено тем, что он прозрачен для проходящего через него терагерцового излучения. Уникальностью этой работы является факт использования многослойного графена вместо однослойного.

В работе представлены методики и схемы экспериментальных установок для получения ТГц излучения и анализа образцов на пропускание ТГц излучения, а также результаты проведённых исследований на многослойном графене. Спектры пропускания образцов изображены на рис.1.

Работа поддержана Российским научным фондом (проект № 17-19-01757).

Литература

1. K. Zeranska-Chudek, A. Lapinska, A. Wroblewska et al. Study of the absorption coefficient of graphene-polymer composites. *Scientific Reports*. vol. 8, 9132 (2018).
2. А.В. Овчинников, О.В. Чефонов, В.Я. Молчанов, К.Б. Юшков, К. Викарио, К. Хаури. Генерация перестраиваемого по частоте импульсного терагерцового излучения хром-форстеритовой лазерной системой с акустооптическим управлением временным профилем импульсов, «Квантовая электроника, v.46, № 12 (2016).

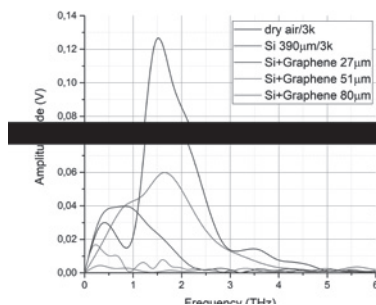


Рис.1 Спектры пропускания образцов

А.В. Артамонов, студ.; рук. П.Г. Макаров, к.т.н., ст.пр. (НИУ «МЭИ»)

СМАЧИВАЕМОСТЬ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СТРУН КАПЛЯМИ ВОДЫ

Цель данной работы - исследовать поведение капли дистиллированной воды на неоднородной горизонтальной поверхности (натянутой струне) в зависимости от различных параметров, таких как количество струн и расстояние между ними (при постоянном диаметре струны). В ходе этой работы производилось измерение максимального объема капли, удерживаемого струнами (критического объема).

Экспериментальная установка представляет собой дозатор, зафиксированный на стойке и подающий капли дистиллированной воды заданного размера, на натянутые металлические струны диаметром 0,32 мм. Струны натянуты на двух болтах М4, обладающих шагом 0,7 мм. Таким образом, расстояние между струнами будет меняться с шагом 0,7 мм. Установка оснащена системой регулирования натяжения струн.

В таблице приведены значения критического объема капли в зависимости от количества струн и расстояния между ними. Критический объем был определен путем увеличения объема капли до тех пор, пока она удерживалась струнами.

Таблица. Изменение критического объема в зависимости от количества струн и расстояния между ними

Количество струн	Расстояние, мм	Критический объем, мкл
1	-	12
2	0,7	14
	1,4	27
	2,1	18
3	0,7	35
	1,4	65
4	0,7	63

Очевидно, что при увеличении количества струн увеличивается максимальный объем капли, удерживаемой этими струнами. При увеличении расстояния между ними критический объем капли также увеличивается, однако при условии, когда капля удерживается на двух струнах, после достижения некоторого значения критический объем уменьшается, что связано с уменьшением капиллярных сил.

В ходе данной работы были получены представления о поведении капли на неоднородной поверхности в зависимости от количества струн и расстояния между ними.

О.С. Косарев, студ. ; рук П.Г.Макаров, к.т.н., ст.преп. (НИУ «МЭИ»)

Исследование гистерезиса смачивания каплями двух струн при вариации их углов наклона

Цель исследования: сравнить углы натекания и оттеkania для капли дистиллированной воды, находящейся на двух струнах при вариации углов наклона. Для проведения эксперимента была использована оригинальная установка, позволяющая изменять угол наклона двух непараллельных струн. Угол наклона струн варьируется за счет плитки текстолита, высотакоторой меняется механическим методом передвижения опоры. В эксперименте использовалась металлическая проволока диаметром 0,32 мм. Текстолит в данном эксперименте выбран как жаропрочный материал с расчетом на дальнейшее нагревание струн.

Результаты: В ходе данной работы обнаружилось, что капля, имеющая размеры, соизмеримые с расстоянием между двумя струнами, может занимать два характерных положения, которые указаны на рисунке 1: а – капля висит на струнах, б – капля находится над струнами.

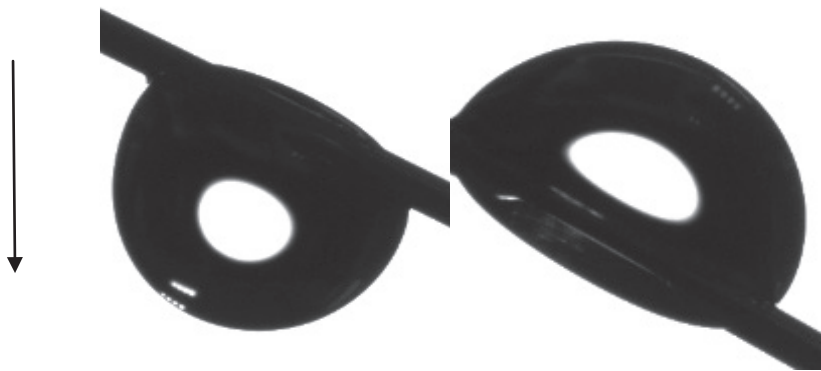


Рис.1 Положение капли относительно струн

В ходе эксперимента были получены предельные объемы скатывания для углов наклона 11 и 15 градусов для смачивания струн снизу и сверху.

Угол наклона	Снизу	Сверху
11 градусов	29 мкл	20 мкл
15 градусов	25 мкл	19 мкл

Из этих результатов можно сделать вывод о том, что капли, висащие на струнах, имеют больший предельный объем скатывания.

С.С. Журавлёв, студ.; рук А.С. Дмитриев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИСПАРЕНИЯ КАПЛИ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА НА ОСНОВЕ ГРАФЕНОВЫХ ХЛОПЬЕВ

В последнее время большой интерес привлекает к себе процесс испарения капель коллоидного раствора с хлопьями графена. В этой работе рассматривается поведение излучения при прохождении его через капли коллоидных растворов с размером хлопьев 3-5 нм в поперечном сечении и 10-20 нм в продольном сечении в процессе «высыхания».

Целью настоящего исследования явилось изучение скорости испарения и изменение объемной концентрации нанохлопьев графена спектрометрическим методом по зависимости поведения кривой интенсивности. Для изучения явления прохождение света через каплю используется спектрофотометр с источником на основе галогенной лампы, а также устройство для изменения угла падения сфокусированных лучей на поверхность капли, что позволяет дополнительно получить данные о поведении лучей света в капле. Эксперимент проводился при комнатной температуре.

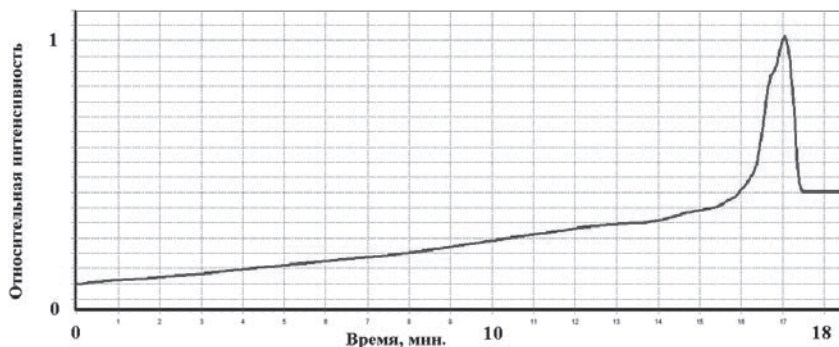


Рис.1. График интегральной интенсивности от времени

Было замечено, что динамика изменения интегральной интенсивности света от времени имеет три характерных участка для различных растворов и концентраций графеновых хлопьев. Схожие участки наблюдаются и в работе [1], в которой проводились исследования коллоидного раствора на основе наночастиц оксида железа Fe_2O_3 .

Литература

1. А.С. Дмитриев, П.Г. Макаров. Об испарении жидкости из капель коллоидных растворов наночастиц SiO_2 и Fe_2O_3 . Коллоидный журнал, № 2, 2015, с.144-151.

Н.Ф. Ивлев, студ.; рук. А.С. Дмитриев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ПОДЛОЖКИ С ПОКРЫТИЯМИ ИЗ ГРАФЕНОВЫХ НАНОХЛОПЬЕВ: ВПИТЫВАНИЕ И ИСПАРЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ В СОЛНЕЧНОМ СПЕКТРЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

На сегодняшний день одной из главных задач альтернативной энергетики является увеличение КПД использования солнечного спектра излучения в солнечных установках (батареях, коллекторах). В настоящее время во всем мире ведётся множество исследований графена, как вещества, обладающего уникальными физическими свойствами, и представляющего собой перспективный прикладной материал для энергетики ближайшего будущего. В частности, в ряде работ рассматривается возможность его применения в солнечной энергетике [1].

Целью настоящей работы стало изучение свойств (в основном это впитывание и испарение) подложек с включениями графеновых хлопьев, их структуры и взаимодействия с жидкостями.

В ходе данной работы был изготовлен ряд подложек с нанесенными на них графеновыми слоями (графеновые нанохлопья, поперечный размер 10-20 мкм, толщина 3-5 нм) различной толщины. На изготовленных образцах был проведен ряд опытов по исследованию свойств впитывания тонким слоем графенового покрытия различных жидкостей (наблюдение впитывания проводилось при помощи измерительного комплекса Easy Drop компании Kruss), а также изучение процессов испарения жидкости из указанных слоев при помощи имитатора солнечного излучения (фирма NPH модель HQE - Half Quartz Emitter With TCK). Кроме того, на некоторых подложках были проделаны сквозные отверстия (менее 1.5 мм) для изучения возможности испарения с использованием капиллярных сил. Проведенные исследования позволяют в дальнейшем изучить возможности разработки установок солнечной теплоэнергетики с генерацией пара, а также перспективы систем опреснения воды на основе подложек с нанесенным графеном, используя в качестве источника солнечное излучение.

Работа поддержана Российским научным фондом (проект № 17-19-01757).

Литература

1. **А.С. Дмитриев, Д.А. Юнусбаев.** Солнечная теплоэнергетика на основе прямого преобразования планковского спектра солнечного излучения с использованием наножидкостей. Материалы Международной конференции «Современные проблемы теплофизики и энергетики» (Москва, 9—11 октября 2017 г.): в 2 т. Т. 2. — М.: Издательский дом МЭИ, 2017. — 410 с.

Д.Д.Бабенко, асп.; рук. А.С. Дмитриев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ПРОЦЕССЫ СМАЧИВАНИЯ И ИСПАРЕНИЯ ВОДЫ И ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА НА ПОВЕРХНОСТЯХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕРМОИНТЕРФЕЙСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В данной работе представлены исследования в области теплофизики поверхностей функциональных термоинтерфейсных материалов (ТИМ) [1-4]. Проведены измерения контактных углов и углов гистерезиса для различных нанокompозитных материалов, включая нанокompозиты на основе графеновых хлопьев, наночастиц оксида бора, наноалмазов, нитрида алюминия, а также гибридных нанокompозитов с включением полимеров и микроскопических металлических микросфер. Получены новые экспериментальные данные по изучению и анализу гидродинамических и теплофизических свойств различных термоинтерфейсных материалов, включая эффект Лейденфроста.

Одна из основных целей работы – изучение свойств термоинтерфейсных материалов для интенсификации теплообмена и повышению эффективности систем охлаждения в микроэлектронике и силовоточной электронике. Физико-химические и термогидродинамические свойства такого рода поверхностей важны для более эффективного сброса тепла в системах охлаждения, использующих капельный метод охлаждения.

В работе содержатся методики, схемы экспериментальных установок и результаты исследований материалов (ТИМ) и их свойств. В качестве рабочих жидкостей использовались: вода, изопропиловый спирт (ИПС), а также другие жидкости.

Работа поддержана Российским научным фондом (проект № 17-19-01757).

Литература

1. **Дмитриев А.С.** Введение в нанотеплофизику. М.: БИНОМ, 2015. 756 с.
2. **Khan M.F., Balandin A.A.** Graphene-multilayer graphene nanocomposites as highly efficient thermal interface materials. *Nano Lett.* 12 (2). 2012. P. 861–867.
3. **D.D.Babenko, A.S.Dmitriev, P.G.Makarov and I.A.Mikhailova.** On thermophysical effects on the surface of functional nanostructured materials obtained with the application of femtosecond laser pulses. *Journal of Physics: Conf. Series* **891** (2017) 012360.
4. **D. D. Babenko, A. S. Dmitriev, V. V. Mikhailov, I. A. Mikhailova.** Physical features of Leidenfrost effect on the surface of a grapheme nanocomposite for the problems of thermal and nuclear energy. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* **447** (2018) 012044.

А.С.Аверьянова, студ.; рук. И.А. Михайлова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ МОНОХРОМАТИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ФОТОДИОДОВ НА ОСНОВЕ ВЫСОКООМНОГО КРЕМНИЯ

В работе представлено исследование в области твердотельной электроники, предмет которой состоит в создании и изучении твердотельных приборов, преобразующих оптические сигналы в электрические, а также физических механизмов их работы. Рассматриваемый кремниевый рпн-фотодиод относится к области полупроводниковых приборов, чувствительных к излучению с длиной волны 1,06 мкм, и предназначен для использования в электронно-оптической аппаратуре, в которой требуется регистрация коротких импульсов лазерного излучения. Принцип действия кремниевого рпн-фотодиода основан на разделении дырок и электронов в п- и р- областях, вследствие чего образуется ЭДС и заряд; такой тип фотодиода только преобразует свет в электрический ток, но не усиливает его.

Цель работы – повышение монохроматической чувствительности кремниевого фотодиода. Физические и оптические свойства фотодиодов важны для обнаружения слабого оптического сигнала в различных типах высокоточного ракетного и артиллерийского оружия с управлением по лазерному лучу. В работе приведены методики и схемы экспериментальных установок по измерению параметров пленок и фотодиодов, фотоэлектрических характеристик фотоприемного устройства (чувствительность на рабочей длине волны при разных напряжениях и температурах).

Для увеличения уровня чувствительности фотодиода необходимо уменьшить потери на отражение излучения от фоточувствительной области прибора, что достигается с помощью просветляющего покрытия. Рассмотрены и изучены несколько вариантов конструкций системы просветляющего покрытия. На изготовленных фотодиодах измерена монохроматическая импульсная чувствительность S_{λ} к излучению с длиной волны 1,06 мкм. В экспериментальной части работы обосновано, что просветляющее покрытие приводит к повышению уровня монохроматической импульсной чувствительности к длине волны 1,06 мкм и к увеличению процента выхода годных образцов. В продолжение исследований планируется изготовление новой серии образцов покрытий, контроль параметров пленок и анализ результатов.

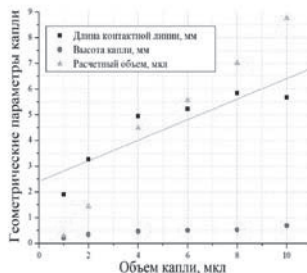
Литература

- 1.А.С. Дмитриев, И.А. Михайлова, Физико-химия наноструктур. Изд-во МЭИ, 2013. – 240 стр.
- 2.А.М. Филачев, И.И.Трубкин, М.А.Трищенко. Твердотельная фотоэлектроника. Физические основы. Изд-во Физматкнига, 2005. –384 стр.

*А.А. Дмитриев, асп.; Е. В. Рыжов (ООО «РАМ»), научн. конс.,
к.т.н.; рук. А.С. Дмитриев, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СМАЧИВАНИЯ, РАСТЕКАНИЯ И ИСПАРЕНИЯ КАПЕЛЬ НА ТИТАНОВЫХ ПОДЛОЖКАХ, ПОКРЫТЫХ ХРОМОМ И НАНОАЛМАЗНЫМИ КЛАСТЕРАМИ

В данном исследовании представлены экспериментальные результаты изучения процессов на функциональных энергетических поверхностях, изготовленных из титана с гальваническим покрытием из хрома и наноалмазов (образцы получены с использованием технологии наноалмазной гальваники с кластерным хромом [1]; технология компании «РАМ»). Для таких материалов чрезвычайно важными являются свойства поверхности, в том числе смачиваемость, растекание и скорости испарения капель различных жидкостей. В работе представлены данные по смачиваемости и растеканию капель вакуумного масла на поверхности такого материала, в том числе применительно к капельным космическим холодильникам-излучателям и другим задачам промышленного производства[2]. На рисунке показаны геометрические параметры капель при растекании. Установлено, что на характер смачиваемости и растекания заметное влияние имеет начальный объем капли. В частности, видно, что длина контактной линии с ростом объема капли увеличивается (примерно до значений 4 мкл), а затем выходит на режим насыщения. Возможно, что такое поведение связано с наличием наноалмазных поверхностных кластеров, которые в диапазоне небольших объемов влияют на растекание в режиме постоянных контактных углов, но переменной длины контактной линии, а при больших объемах капли растекание происходит примерно при постоянной контактной линии, но переменных контактных углах.



Работа поддержана Российским научным фондом (проект № 17-19-01757).

Литература

1. <http://ooram.ru/tech/ndcoating>
2. Е.В. Аметистов, А.С. Дмитриев. Монодисперсные системы и технологии. Изд. дом МЭИ. 2002. 392 с.

А.Н.Круглова, студ.; рук. И.А. Михайлова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОНКИХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК НА МОНОХРОМАТИЧЕСКУЮ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ГЕРМАНИЕВЫХ ФОТОДИОДОВ

Проведенные исследования в области твердотельной фотоэлектроники касаются фотодиодов, в которых оптическое излучение преобразуется в электрические сигналы за счет явления внутреннего фотоэффекта. В фотодиодах при отсутствии внешнего поля в области р-п-перехода существует внутреннее электрическое поле, препятствующее рекомбинации носителей. Поле р-п-перехода пространственно разделяет электроны и дырки, создавая фото-ЭДС между смежными областями кристалла. За счет этого образуется фототок, вызванный движением электронов по внешней цепи. Фотодиоды изготавливают сегодня из Si, Ge и соединений группы АІІВV.

Цель исследования – повышение монохроматической чувствительности Ge фотодиодов для обнаружения слабого оптического сигнала в оптико-электронных системах защиты объектов бронетанковой техники от противотанковых управляемых ракет и артиллерийских снарядов, имеющих лазерные системы наведения. В работе приведены методики измерения оптических свойств пленок просветляющих покрытий и фотоэлектрических параметров германиевого фотоприемного устройства. Были изготовлены экспериментальные образцы германиевых фотодиодов с пленками просветляющего покрытия. Для анализа работы фотодиода определены следующие характеристики: темновой ток при разных рабочих напряжениях и температурах, чувствительность на рабочей длине волны при разных напряжениях и при разных температурах. По результатам измерений партий образцов проведен контроль и отбраковка, определен процент выхода годных изделий, статистический анализ для обнаружения изменений в данных из повторяющихся процессов и даны критерии для обнаружения отсутствия статистической управляемости.

В продолжение исследования планируется изготовление новой серии образцов просветляющих покрытий на кристалле германия при контроле параметров пленки.

Литература

1. Войцеховский А.В., Ижнин И.И., Савчин В.П., Вакив Н.М. Физические основы полупроводниковой фотоэлектроники – Томск: Издательский Дом ТГУ, 2013 – 560с.
2. Филачев А.М., Таубкин И.И., Тришенков М.А. Твердотельная фотоэлектроника. Физические основы. М.: Физматкнига, 2005, 384 с.

Г.Ю. Фролов, студ.; рук. И.А. Михайлова, к.т.н., доц.; Д.В. Болтунов (НИУ «МЭИ»)

ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОТОЛЩИННОЙ ВСТРЕЧНО-ШТЫРЕВОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОДОВ Si-Ti ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ФАЗОВЫХ МОДУЛЯТОРОВ СВЕТА

Применение перспективных отражательных дифракционных решеток (ОДР) для создания миниатюрных микроустройств (DMD, GLV, LMR) оптических датчиков линейных и угловых перемещений, спектральных приборов и телекоммуникационных РЭС представляет большой интерес в приложениях телекоммуникации, связи и энергетики. Поэтому исследование ОДР и методов их создания является актуальной задачей.

Цель работы - изучение основ оптики, явления дифракции и технологии микрообработки для изготовления перспективных ОДР.

В качестве объекта исследования использовали экспериментальный образец ОДР – встречно-штыревую структуру Ti вакуумно-напыленных нанотолщинных электродов (период решетки – 30 мкм), изготовленную по технологии поверхностной микрообработки на кремниевой основе.

Характеристики ОДР определяли с помощью экспериментального стенда, включающего полупроводниковый лазерный излучатель (ПЛИ), систему оптических элементов, экспериментальный образец (ОДР) и фотоприемный экран (ФП).

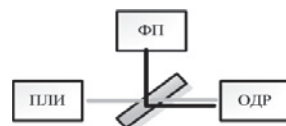


Рис. 1. Оптоэлектронный модуль

Согласно полученным данным угловая дисперсия на длине волны 1550 нм в спектре 1-го порядка составила $3,340 \times 10^4$ рад/м и возросла более чем в 5 раз для спектра 5-го порядка. Разрешающая способность экспериментальных образцов составила $1,720 \times 10^5$ м⁻¹ (разброс – не более 20 % на выборке из 5-ти экспериментальных образцов). Дисперсионная область составила $2,58 \times 10^{-7}$ м.

Полученные данные обеспечивают обоснованный подход к проектированию оптических микроустройств на основе ОДР. В продолжение исследований планируется провести расчетно-экспериментальную работу для ПЛИ разных длин волн (850 нм, 1310 нм, 1450 нм).

Литература

1. Ландсберг Г.С. Оптика Учеб. пособие: Для вузов. – 6-е изд., - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003 г. - 848 с.
2. Легута С., Чакак А. Курс физики : оптика: учебное пособие для студентов инженерно-технических направлений подготовки Оренбург: ОГУ, 2014

В.С. Волгин, аспирант; А.Ф.Гиневский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА НА БАЗЕ СОЛНЕЧНОГО ВАКУУМНОГО КОЛЛЕКТОРА С ВНУТРЕННИМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ.

Концепция термоэлектрического генератора (ТЭГ) на базе солнечного коллектора является одним из путей развития возобновляемой энергетики. Такое устройство позволяет вырабатывать не только электрическую, но и тепловую энергию. Большинство исследователей реализуют эту схему последовательным соединением солнечного коллектора со стандартным двухконтурным жидкостным ТЭГ. Однако ряд исследователей предлагают свои варианты конструкций с целью сделать ТЭГ проще и эффективней, для чего они располагают термоэлектрические модули (ТЭМ) таким образом, чтобы их горячий спай находился в контакте с поглотителем солнечного излучения и получал энергию напрямую, нежели с помощью жидкостной транспортировки [1,2]. Одним из возможных вариантов такой конструкции является интеграция ТЭМ внутрь солнечных вакуумных коллекторов. Такое расположение должно защитить модули от паразитного теплообмена с окружающей средой и позволит избавиться от дополнительных частей за пределами объема солнечного коллектора.

Целью работы являлось численное исследование рабочих параметров конструкции ТЭГ с внутренним расположением ТЭМ при разных режимах работы и определение её эффективности.

Для реализации исследований была разработана трехмерная математическая модель солнечного ТЭГ, реализованная в программном пакете PHOENICS-DIRECT. Были получены распределения температур в объеме солнечного ТЭГ при разных входных параметрах. Показано, что максимальный перепад температур, достигаемый на современных образцах модулей не превышает 10 градусов и выработкой электроэнергии 0.02 Вт, что значительно ниже, чем у конструкции с двух-поточным ТЭГ. Такие характеристики говорят о низкой эффективности данной конструкции, вследствие низкой плотности теплового потока, создаваемого на горячем спае.

Литература

1. **A.B. Zhangetal et al.** Influence of leg geometry configuration and contact resistance on the performance of annular thermoelectric generators // Energy Conversion and Management 166, 2018.
2. **Daniel Kraemer et al.** High-performance flat-panel solar thermoelectric generators with high thermal// Nature Materials, 2011.

Г.А. Аймашев, студ.; рук. И.А. Михайлова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ТОНКИЕ ПЛЕНКИ Si_3N_4 В ТЕХНОЛОГИИ PIN-ФОТОДИОДОВ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОЭПИТОКСИАЛЬНЫХ СТРУКТУР InGaAs/InP

Одно из актуальных направлений совершенствования электронно-оптической аппаратуры – применение инфракрасных фотоприемных устройств на основе pin-фотодиодов, изготовленных на гетероэпитаксиальных полупроводниковых структурах InGaAs/InP для коротковолновой инфракрасной области спектра. При использовании фотодиодов на гетероструктурах достигается ряд преимуществ по сравнению кремниевыми фотодиодами: возможность формирования ограниченного диапазона спектральной чувствительности, снижение требований к толщине базовой области, уменьшение темнового тока и шумов, в том числе шумов лавинного умножения, а также потеря фотоносителей на поверхностную рекомбинацию. На pin-фотодиоды наносят диэлектрические пленки Si_3N_4 , которые выполняют тройную функцию: маскируют, пассивируют и просветляют.

Цель исследования – изучение влияния пленки Si_3N_4 на фотоэлектрические параметры pin-фотодиодов на основе InGaAs/InP . Эти свойства важны для создания фотоприемных устройств на области спектра 0,9–1,7 мкм с чувствительностью, в несколько раз превышающий уровень, достигнутый в приборах раннего поколения. В этой области спектра выше контраст между объектами наблюдения и фоном, выше прозрачность атмосферы, меньше яркость атмосферной дымки и сосредоточено излучение активных и активно-импульсных оптико-электронных систем с лазерной подсветкой.

В работе содержатся методики и схемы экспериментальных установок по измерению свойств пленок и фотоэлектрических параметров фотодиодов. Проанализированы современные данные по параметрам границы раздела $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{InP}$ и по расчету толщин просветляющей пленки. Измерены фотоэлектрические параметры фотодиода: темновой ток при разных рабочих напряжениях и температурах; чувствительность на рабочей длине волны при разных напряжениях, чувствительность при разных температурах; CV-характеристики. По результатам измерений партий приборов проведен контроль и отбраковка, определен процент выхода годных изделий, сделан статистический анализ по обнаружению изменений в данных из повторяющихся процессов, приведены критерии для обнаружения отсутствия статистической управляемости.

Литература

1. Филачев А.М., Таубкин И.И., Трищенко М.А. Твердотельная фотоэлектроника. Физические основы. М.: Физматкнига, 2008. 336 с.

*А.А.Дмитриев, асп.; Д.Н. Герасимов, к.т.н; рук.А.С.Дмитриев, д.т.н.,
проф.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРОВ, ГРАФЕНА И МИКРОСФЕР

Целью настоящей работы является дальнейшее изучение теплопроводности гибридных графеновых наноконкомпозитов, которые предлагается использовать в качестве термоинтерфейсных материалов [1]. Были проведены исследования по измерению температуропроводности методом лазерной вспышки, которые позволяют найти эффективную теплопроводность измеряемых образцов наноконкомпозитов. В работе варьировалась поверхностная плотность покрытия графеновыми хлопьями металлических микросфер; в качестве полимера использовалась эпоксидная смола.

Оптическая микроскопия установила, что часть графеновых хлопьев отделяется от микросфер при помещении в полимерную матрицу, что ограничивает эффективную поверхностную плотность покрытия.

Измерения показали, что наноконкомпозит имеет температуропроводность приблизительно в 20 раз большую, чем эпоксидная смола без добавок, что сравнимо со значениями для пиролитического графита [2]. Тем не менее, это в 10 раз ниже, чем наблюдаются у чистого материала микросфер. Дальнейшее увеличение поверхностной плотности графеновых хлопьев не вызывает пропорционального роста температуропроводности. Для определения эффективной теплопроводности необходимо также знание теплоемкости образцов, которая в настоящее время уточняется.

В ходе измерений, производимых методом лазерной вспышки, было обнаружено, что термограмма имеет необычную геометрию, что может быть связано с вкладом радиационного переноса энергии в образце. Сопоставление термограмм разных образцов позволят уточнить модели теплопереноса тепла в указанных наноконкомпозитах.

Работа поддержана Российским научным фондом (проект № 17-19-01757).

Литература

1. S A Alekseev, A A Dmitriev, A S Dmitriev, P G Makarov and I A Mikhailova. Functional energy nanocomposites surfaces based on mesoscopic microspheres, polymers and graphene flakes. Journal of Physics: Conf. Series. 891. 012361. 2017.

2. B. Tang, G. Hu, H. Gao, L. Hai. Application of graphene as filler to improve thermal transport property of epoxy resin for thermal interface materials. Int. J. Heat & Mass Transfer. 85. 2015. 420–429.

Направление
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Научный руководитель направления —
директор ИТАЭ, д.т.н., профессор,
член-корр. РАН А.В. Дедов

Секция 44
КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ
И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Руководитель секции: Тупов Владимир Борисович
Секретарь секции: Каверин Александр Александрович

*Алтангэрэл С., студ.; Батсамбуу У., асп.; рук. А.А. Дудолин, к.т.н., доц.;
рук. И.А. Бураков, к.т.н., доц. (НИУ, «МЭИ»)*

ВОЗМОЖНОСТЬ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ МОНГОЛИИ

Согласно рейтингу Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), основанному на анализе данных о загрязнении атмосферы более 1000 городов за период с 2003 по 2018 гг., г. Улан-Батор был отнесен к числу городов мира с наиболее загрязненной атмосферой [1].

Загрязнение атмосферного воздуха наиболее актуальная из экологических проблем крупных городов (Улан-Батор, Дархан, Эрдэнэт). Она обостряется в зимний период времени, который совпадает с отопительным сезоном (таб.1.).

Таблица 1

Среднемесячные концентрации диоксида серы и азота в атмосферном воздухе г. Улан-Батор

Среднемесячные концентрации диоксид серы в атмосферном воздухе г. Уланбатор, мкг/м ³												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср.год
79	56	36	17	20	23	18	15	19	25	30	42	31,7
Среднемесячные концентрации диоксид азота в атмосферном воздухе г. Уланбатор, мкг/м ³												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср.год
62	57	39	32	35	37	30	27	34	37	54	61	42,1

Одним из главных источников загрязнения атмосферного воздуха городов являются теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), промышленные предприятия и котельные (К). На данных объектах основным энергетическим топливом является бурый уголь, запасы которого оцениваются в 150 млрд.т в Монголии [2]. Использование угля для производства энергии приводит к образованию большого количества выбросов, таких как оксид серы, азота, бенз(а)пирен и сажа.

Выбрасываемые в атмосферу из дымовых труб ТЭЦ и К токсичные вещества оказывают вредное воздействие на окружающую среду. Для обеспечения благоприятной экологической обстановки в городских зонах важно решить проблему использования угля для получения тепла и электричества. Одним из путей решения данного вопроса является переработка твердого топлива низкого качества в экологическое чистое газовое топливо с применением технологии газификации [3]. Применение технологии газификации позволяет получить синтетический генераторный газ, сжигание которого минимизирует загрязнение атмосферы вредными выбросами, и снижается выброс диоксида углерода - основного парникового газа.

Литература

1. Информационный сайт «Всемирная организация здравоохранения» [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.who.int>, свободный. – Загл. с экрана.
2. А.А.Дудолин, Батсамбуу У. Проблемы и перспективы технического перевооружения электростанций Монголии // Теоретический научно-практический журнал «Вестник МЭИ». Москва. – 2018. – № 1. - С. 16-21.
3. С.Д. Федорович, И.А. Бураков, А.А. Дудолин. Оптические спектры продуктов газификации углей в ВЧИ- плазматроне// Современные проблемы теплофизики и энергетики конф., - Москва, 9-11 окт., 2017г.

*В.С. Халявин, студ.; рук. Б.Л. Шельгин, к.т.н., проф.
(ИГЭУ, Иваново)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИЗБЫТКА ВОЗДУХА В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА «П-102» ПРИ ЕГО РАБОТЕ В АВТОНОМНОМ РЕЖИМЕ

В случае останова газовой турбины «ГТЭ-6П» энергетической установки «ГТЭ6П-П102» котел-утилизатор (КУ) марки «П-102» работает в автономном режиме, когда топливо (природный газ), поступающее в топочную камеру через горелочные устройства, сгорает в потоке холодного воздуха, забираемого вентилятором снаружи котельного отделения энергопредприятия.

Следовало определить оптимальную величину коэффициента избытка воздуха в топочной камере α_{τ} , ограниченной газоплотными экранами, при изменении паропроизводительности КУ в диапазоне $D_{\text{п}}=20\div 50$ т/ч и температурах наружного воздуха $t_{\text{н}}=-30\div 30$ °С.

Полученные значения коэффициента избытка воздуха α_{τ} должны удовлетворять как полноте сгорания топлива, так и минимальным потерям теплоты с уходящими газами q_2 .

При нагрузках КУ, близких к номинальным (40÷50 т/ч), минимальное значение коэффициента избытка воздуха при конкретных значениях температур и паропроизводительности равной $D_{\text{п}}=40$ т/ч определяем согласно формуле:

$$\alpha_{40} = 1,04 + 6,67 \cdot 10^{-4} \cdot (t_{\text{н}} + 30). \quad (1)$$

Когда паропроизводительность КУ, превышает $D_{\text{п}}=40$ т/ч, отклонение расчетных значений α_{τ} от исходных составляет 1,5%. С увеличением температуры $t_{\text{н}}$ величина α_{40} возрастает на 3,85%, достигая при 30 °С значения $\alpha_{40}=1,08$. В случае изменения паропроизводительности (ниже 40 т/ч) для улучшения смесеобразования внутри горелочных устройств и улучшения эффективности сжигания топлива коэффициент избытка воздуха в топке α_{τ} повышается согласно зависимости:

$$\alpha_{\tau} = \alpha_{40} + 1,45 \cdot 10^{-4} \cdot (40 - D_{\text{п}})^{2,1}. \quad (2)$$

При температурах наружного воздуха $t_{\text{н}}=-30\div 30$ °С и минимально допустимой паропроизводительности КУ 20 т/ч по условию надежности гидродинамического режима в топочных экранах значения α_{τ} должны находиться в диапазоне 1,11÷1,16.

Полученный материал подготовлен для разработки топливной характеристики КУ марки «П-102» в случае его работы в автономном режиме при изменении паропроизводительности и климатических условий.

Н.Е. Фоменко, асп.; рук. В.Б.Прохоров к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ V-ОБРАЗНОЙ СЕКЦИИ
ПРЯМОТОЧНОЙ ГОРЕЛКИ ДЛЯ КОТЛА ТГМП-314***

В 2014 году были внесены изменения в природоохранное законодательство [1], в результате которых было введено требование по переходу промышленных предприятий на применение наилучших доступных технологий для снижения выбросов вредных веществ. У широко распространенного в РФ котла ТГМП-314 удельные выбросы NOx превышают нормативные. Кафедрой ТЭС НИУ МЭИ предложена схема сжигания с использованием прямооточных горелок и организационной ступенчатого сжигания для улучшения экологических показателей [2].

Задачей авторов было провести численное моделирование части горелки, предложенной в [2], с использованием программного комплекса ANSYS с целью проверки целесообразности данного конструктива, проведения анализа процесса смешения топлива и воздуха, и получения параметров потока топливовоздушной струи в плоскости входа в топку котла. В связи с симметрией горелки моделировалась 1/6 часть (V-образная секция).

Выполненная работа так же является подготовительным этапом для проведения численного моделирования топочной камеры котла ТГМП-314 с использованием результатов моделирования горелки в качестве входных граничных условий.

В результате численного моделирования было установлено, что в зависимости от режима работы средние скорости газа и воздуха составляют 40 -70 м/с, и распределение веществ в плоскости ввода в котел не зависит от режима работы горелки. Наличие участка сужения в газовой трубе приводит к возникновению локальных высоких скоростей газа и воздуха, которые могут достигать 130 -180 м/с. Поэтому конструкция горелки требует доработки для исключения столь высоких локальных скоростей.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (Соглашение 16-19-10469)*

Литература

1. **Федеральный закон** от 21.07.2014 N 219-ФЗ (ред. от 03.07.2016) "О внесении изменений в Федеральный закон "Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты Российской Федерации"
2. **Киричков В. С.** «Разработка, исследование и оптимизация схем сжигания энергетических топлив в прямооточно – вихревом факеле в паровых котлах» автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук /. – Москва, 2014.

*А.Б. Мухаметов, студ.; рук. А.А. Тараторин, к.т.н., ст. преп.
(НИУ «МЭИ»)*

СНИЖЕНИЕ ШУМА ОСЕВЫХ ТЯГОДУТЬЕВЫХ МАШИН

Шум оказывает существенное воздействие на человека, окружающую его среду и сравнивается с такими воздействиями, как разрушение озонового слоя и кислотные дожди [1]. В современном мире, в период постоянно развивающейся промышленности, основным источником шума является шум от объектов производства, который может иметь различный частотный спектр и временные характеристики. Основными объектами производства в больших городах являются теплоэлектростанции. На ТЭС используется энергетическое оборудование, которое оказывает шумовое воздействие на человека.

Эксплуатация тягодутьевых машин во многих случаях является основным источником превышения шумовых санитарных норм не только на территории размещения ТЭС, но и в окружающем районе [2]. В настоящей работе рассматривается разработка методов снижения шума от газовоздушных трактов тягодутьевых машин для конденсационной электростанции мощностью 2480 МВт (4 блока по 620 МВт), работающей на Экибастузском угле. Результаты выполненных акустических расчётов в программе Predictor показывают, что при отсутствии специальных мероприятий для снижения шума в расчетных точках на границе санитарно-защитной зоны наблюдается превышение уровней звукового давления над нормативом [3] до 20 дБА. Для уменьшения шумового воздействия рассматривается установка цилиндрических и пластинчатых глушителей в воздушных и газовых трактах котлов.

В ходе работы также выполнен аэродинамический расчет в программе Ansys и рассмотрено применение различных видов обтекателей для снижения аэродинамического сопротивления пластинчатых глушителей. По результатам расчетов определено, что установка цилиндрических и пластинчатых глушителей позволяет снизить шум от тягодутьевых машин до санитарных норм, а использование клиновидных обтекателей пластинчатых глушителях уменьшает аэродинамическое сопротивление.

Литература

1. **Тупов В.Б.** Факторы физического воздействия ТЭС на окружающую среду. М.: МЭИ, 2012. – 284 с.
2. **Тупов В.Б., Тупов Б.В.** Снижение шума тягодутьевых машин абсорбционными глушителями // Электрические станции. – 2016. - С.48-52.
3. **СН 2.2.4/2.1.8.562-96.** Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Минздрав России, 1996. – 10 с.

*А.А. Мельникова, Д.Ю. Мельников, студ. ;
рук. М.С. Иваницкий, доц., к.т.н. (ВФ МЭИ)*

ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОФИЛЬТРАХ

Эффективность процесса очистки дымовых газов от твердых частиц в электрических фильтрах тепловых электростанций (ТЭС) на практике оценивается коэффициентом полезного действия установки, который используется как фактический показатель эффективности очистки при расчётах вредных выбросов энергетических предприятий в атмосферу. В случае отклонения электрофизических характеристик газоочистных аппаратов такой подход в рамках нового экологического законодательства не позволяет ТЭС и энергетическим предприятиям рассчитывать действительные выбросы вредных веществ в атмосферу для согласования и получения комплексных экологических разрешений (КЭР) [1].

Для более точного определения эффективности очистки дымовых газов электрофильтрами разработана математическая модель. В основу модели входит расчёт степени очистки газов, учитывающий фракционный состав твердых частиц, находящихся в дымовых газах, их удельное электрическое сопротивление, напряжение питания фильтра, распределение напряжённости электрического поля и обратного коронного разряда по длине и высоте полей электрофильтра. В результате численного моделирования работы нескольких типов электрофильтров УГА, ЭГА, ОГП получены расчетные показатели эффективности очистки, что позволило обобщить полученные новые данные работы газоочистных аппаратов с учетом влияния токов обратной короны и других электрофизических характеристик. Отмечено, что в результате влияния обратного коронного разряда степень очистки дымовых газов от твердых частиц в электрофильтрах существенно уменьшается, в некоторых критических условиях может составлять не более 3 – 8 %. Полученная математическая модель позволяет более точно оценить эффективность работы электрофильтров при определении действительных выбросов твердых частиц в атмосферу в процессе согласования и получения энергетическими предприятиями КЭР.

Литература

1. **Ужов В.Н.** Очистка промышленных газов электрофильтрами. – М.: Химия, 1967. – 344 с.

С. А. Чувирова, асп.; рук. В.Б. Тупов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

РАСЧЕТ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ШУМА ОТ ГРП И ГАЗОПРОВОДОВ ПОСЛЕ НЕГО

Излучение шума от оборудования ТЭС связано с превышением санитарных норм как для территории ТЭС, так и окружающего района. Одним из интенсивных источников шумового воздействия является газорегуляторный пункт (ГРП) и газопроводы после него. Внутри помещения ГРП уровень звука может превышать 100-125 дБА[1] вместо установленных нормативами 80 дБА. В энергетике для снижения шума оборудования используются акустические экраны [3]. Использование экранов для снижения уровня шума от газопроводов ГРП на путях его распространения имеет ряд особенностей: источник линейный, а не точечный. Кроме этого, газопроводы проходят над землей на некоторой высоте.

В данной работе приведены результаты акустических расчетов для расчетной точки, которая находится на разном расстоянии от бесконечно длинного экрана высотой $h=10$ м. Газопровод проходит на разной высоте над землей: 1,5; 3, 5, 8 м.

Отдельно рассмотрен вопрос снижения шума от ГРП с помощью акустического экрана. Здесь здание ГРП рассматривается как точечный источник. Приведены результаты акустических расчетов на различном расстоянии от экрана ГРП в зависимости от расстояния от ГРП до экрана.

Расчет акустической эффективности производится согласно ГОСТ 31295.2-2005 (ИСО 9613-2:1996). При расчете затухания на экране D_z [2] предполагают, что имеется один основной путь распространения звука от источника шума к приемнику. В соответствии с рекомендациями [3] в любой октавной полосе частот не следует принимать затухание более 20 дБ в случае дифракции на одной кромке (плоские экраны).

В работе определена область, когда применение акустических экранов целесообразно как для здания ГРП, так и газопроводов после него.

Литература

1. **Тупов В.Б.** Факторы физического воздействия ТЭС на окружающую среду. М.: Издательский дом МЭИ, 2012.
2. **ГОСТ 31295.2-2005 (ИСО 9613-2:1996)** Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчета. М.: Стандартиформ, 2006.
3. **Тупов В.Б., Семин С.А., Тупов Б.В., Тараторин А.А., Розанов Д.А.** Акустические экраны для снижения шума от энергетического оборудования // Электрические станции, №10, 2016, с.48- 52

Э.Н. Салихова, студ.; рук. В.Б. Тупов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ
МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ШУМА НА ТЭЦ**

Повышенное шумовое излучение, приводящее к превышению санитарных норм в окружающем районе, характерно для многих энергетических предприятий. Особенно это актуально для ТЭЦ, которые находятся рядом с жилыми районами. Превышение санитарных норм по шуму имеет медицинский, социальный и экономический аспект. Экономический аспект обусловлен снижением производительности труда, уменьшением зрительной реакции, увеличением вероятности ошибок при производстве и ростом социальных выплат на ликвидацию последствий здоровью персонала от шума [1].

Важным моментом по созданию «малозумной» ТЭЦ является комплексное применение мер по шумоглушению [2]. Рассмотрены наиболее интенсивные источники шума ТЭЦ и возможные мероприятия по уменьшению шума от них. Как правило, это комплекс мероприятий. В этот комплекс мероприятий входит использование глушителей шума, акустических экранов и осуществление других мероприятий. Шум от одного источника может быть достигнут несколькими альтернативными мероприятиями, стоимость которых может существенно отличаться. В некоторых случаях затраты могут отличаться в разы [3].

В настоящей работе показано, что выбор мероприятий по снижению шума от всех источников ТЭЦ должен обеспечиваться при минимуме суммарных дисконтированных затрат. Это может быть достигнуто при осуществлении мероприятий по шумоглушению на стадии проектирования. Осуществление мероприятий по шумоглушению на действующей ТЭЦ будет существенно дороже.

Таким образом, реализация комплекса мероприятий по шумоглушению ТЭЦ является важной технико-экономической задачей.

Литература

1. **Тупов В.Б.** Факторы физического воздействия ТЭС на окружающую среду. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012.
2. **Тупов В.Б.** Комплекс мероприятий по снижению шума от ТЭС// Электрические станции. 2013. №3. С.26-31
3. **Тупов В.Б.** Проблемы снижения шума от энергетического оборудования // Защита от повышенного шума и вибрации: сборник докладов Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием, 21-23 марта 2017 г. СПб/ Под ред. Н.И.Иванова, С. 100-10

*Н.М. Мартынова, Е.Д. Шарипов, Р.А. Аскарбеков, студенты;
рук. О.А. Степанова, к.т.н., доцент
(ГУ имени Шакарима города Семей, г. Семей)*

ЗАВИСИМОСТЬ КПД КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ОТ КОЭФФИЦИЕНТА ИЗБЫТКА ВОЗДУХА

Основная цель развития угольной промышленности в Республике Казахстан – повышение эффективности использования ресурсной базы угля для обеспечения потребностей внутреннего рынка топливно-энергетических ресурсов и повышения экологичности отрасли в целом [1].

Исследованию эффективности работы котельного оборудования посвящены работы многих авторов. В них рассматриваются различные режимы работы оборудования и пути повышения эффективности [2, 3].

Цель проводимых исследований – определение зависимости КПД котельного агрегата КВ-Т-116,3-150, работающего на угле марки Д, от коэффициента избытка воздуха.

Регулирование подачи воздуха проводилось путем установки заслонок.

В результате были получены уравнения зависимости КПД котельного агрегата η , %, от коэффициента избытка воздуха в топке до установки (1) и после установки заслонок (2):

$$\square = -0,51\alpha_T + 89,72; \quad (1)$$

$$\square = -0,325\alpha_T + 89,95, \quad (2)$$

где α_T – коэффициент избытка воздуха в топке.

Установка заслонок при регулировании подачи воздуха позволяет увеличить КПД брутто котла до 5 %.

Литература

1. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Утверждено постановлением Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 724.

2. Капустянский А.А. Исследование факельного сжигания непроектных бинарных угольных смесей в паровых котлах // Теплоэнергетика. - 2017. - №7. - С. 83-90.

3. Исайнов Б.К., Ермоленко М.В. Исследование эффективности работы котельного агрегата, работающего на твердом топливе // МОЛОДЫЕ ЛИДЕРЫ - 2016 материалы I международного конкурса выпускных квалификационных и курсовых работ. - 2016. - С. 265-269.

М.С. Банакин, студ.; рук. В.Б. Тунов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**СНИЖЕНИЕ ШУМА ОТ КОТЕЛЬНЫХ, ИМЕЮЩИХ В
СОСТАВЕ ПВК И ГАЗОВЫЕ ТУРБИНЫ**

Создание малошумных котельных имеет важное значение[1]. Эти энергетические объекты обеспечивают тепловой энергией жилые и общественные здания населённых пунктов, а также промышленных предприятий. В последнее время здесь все чаще устанавливают газовые турбины, которые являются интенсивными источниками шума.

Снижение шума от котельных, имеющие в составе водогрейные котлы и газовые турбины является комплексной задачей. Выполнена математическая модель котельной с газовыми турбинами малой мощности и тремя водогрейными котлами. Анализ результатов расчетов показывает, что основными источниками шума здесь являются воздухозаборный и выхлопной тракты ГТУ. Излучаемый шум от срезов выхлопных труб ГТУ меньше, чем от воздухозаборов.

Шум от воздухозаборов и газовых трактов ПВК значительно ниже, чем от ГТУ. Излучателями шума являются срезы устья дымовых труб и воздухозаборы, причём шум от срезов устья дымовых труб больше. Дополнительным источником шума является ГРП.

С использованием математической модели рассмотрены различные факторы, влияющие на уровень шума от рассматриваемой котельной в окружающем районе. По результатам расчётов определено требуемое снижение уровня от рассматриваемых источников на расстоянии 300 м от котельной.

Рассмотрены возможные меры по снижению шума от наиболее интенсивных источников [2].

Здесь для уменьшения шумового воздействия используют различные типы глушителей, устанавливающиеся в газовые и воздушные тракты, как ГТУ, так и водогрейных котлов. Рассмотрена установка глушителей для систем вентиляции ГТУ и местной вентиляции здания. Для снижения шума газопроводов ГРП рекомендуется новые типы звукоизоляции, а также использование малошумных регуляторов.

Литература

- 1. V.Тунов** The theory of a low-noise power facility//24th International Congress on Sound and Vibration, London, UK, July 23-27, 2017
- 2. V.Тунов, В. Тунов** Solutions to creating a low-noise power facility//24th International Congress on Sound and Vibration, London, UK, July 23-27, 2017

М.Ю.Рябов, ст.уд.; руж. В.Б.Тупов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ОСОБЕННОСТИ СНИЖЕНИЯ ШУМА ОТ ГРЭС РЯДОМ С
НАСЕЛЕННЫМ ПУНКТОМ**

В настоящее время всё большее внимание уделяется снижению неблагоприятных воздействий от работы промышленных предприятий на человека. Чрезмерно высокий уровень шума- это та проблема, с которой очень часто сталкиваются энергетические предприятия[1]. С такой проблемой сталкиваются и ГРЭС, которые располагают рядом с населённым пунктом. Особенностью ГРЭС является то, что на таких станциях располагается оборудование большей мощности по сравнению с другими энергетическими предприятиями. Для определения влияния шума выбрана ГРЭС с характерным оборудованием, а именно: паровые котлы ТП-108 в количестве 3 шт., паровые котлы ТМ-104А в количестве 2 шт., паровые котлы БКЗ-320-140 в количестве 2 шт., паровые турбины К-200-130 в количестве 3 шт., паровые турбины К-210-130 в количестве 2 шт., паровые турбины ПТ-80/100-130/13 в количестве 1 шт., а также оборудование парогазовой установки- газовая турбина PG9351FA, котёл-утилизатор HRSG-285/43/41-10,4/2,5/0,5-556/300/294 и паровая турбина D10.

Составлена математическая модель рассматриваемой ГРЭС. Проведены акустические расчеты для разного состава работающего оборудования и разных режимов работы. Показано влияние ориентации оборудования по отношению к жилую району.

Проведенные акустические расчеты показали влияние от каждого вида оборудования для различных территорий вокруг ГРЭС. Для каждого оборудования были рассчитаны превышения санитарных норм. Рассмотрены возможные мероприятия по уменьшению шума от каждого вида источника[2-3]. Целью мероприятий по снижению факторов физического воздействия от ГРЭС является доведение величин физического воздействия разных источников до санитарно-гигиенических норм на рабочих местах и на территории жилой застройки. Особенностью разработки мер по шумоглушению от ГРЭС, которая находится рядом с населенным пунктом, являются существенные отличия санитарных норм для различных территорий. Так, например, уровень звука на территории ГРЭС допускается равным 80дБА, а на территории жилой застройки- не более 45 дБА. От величины требуемого снижения шума зависит выбор способа или устройства для его уменьшения[1]. Шум можно снижать с помощью глушителей экранов, звукоизоляции, установки кожухов и других мероприятий.

Литература

1. **Тупов В.Б.** Факторы физического воздействия ТЭС на окружающую среду. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012.
2. **Тупов В.Б.** Проблемы снижения шума от энергетического оборудования // Защита от повышенного шума и вибрации: сборник докладов Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием, 21-23 марта 2017 г. СПб/ Под ред. Н.И.Иванова, С. 100-109
3. **Тупов В.Б.** Снижение шума от объектов большой и малой энергетики// Защита от повышенного шума и вибрации: сборник докладов Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием, 18-20 марта 2015 г. Санкт-Петербург, с.57-66

**А.В. Нечаев, студ.; рук. В.Б. Тупов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
СНИЖЕНИЕ ШУМА ОТ ПГУ**

Даже при штатной эксплуатации энергетического оборудования шум от него может превышать санитарные нормы. Шум от энергетического оборудования может превышать санитарные нормы на расстоянии нескольких километров от энергетического объекта [1]. При этом РТС и ТЭЦ должны иметь санитарно-защитную зону, составляющую 300 или 500 м соответственно [1].

В последнее время реконструкция ТЭС происходит путем замены оборудования на более экономичное. Таковым оборудованием являются парогазовые установки. Преимуществами ПГУ являются их экономичность, умеренные габаритные размеры, удобство транспортировки и монтажа. Поэтому для исследования шумового воздействия на окружающий район была выбрана ПГУ.

Был выполнен акустический расчет двух ПГУ, состоящих из газовой турбины ГТЭ-160, котла-утилизатора ПК-74, паровой турбины типа Т-56/73-7,8/0,04 и соответствующего вспомогательного оборудования [2]. Результаты акустического расчета для точки расположенной на расстоянии 500 м от ПГУ представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты расчета звукового давления около жилого района

	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровень звукового давления около жилого района	71,7	67	66,3	68,1	78,3	71,7	57,3	15
Нормы	63	52	45	39	35	32	30	28
Превышение	8,7	15	21,3	29,1	43,3	39,7	27,3	0

Были рассмотрены возможные меры по снижению уровня шума от источников шума ПГУ.

Литература

1. **Тупов В.Б.** Факторы физического воздействия ТЭС на окружающую среду. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012.
2. **Тупов В.Б.** Снижение шума от энергетического оборудования. – М.: Издательство МЭИ, 2005.

В.И Быличкин студ., рук С.Л. Чернов, к.т.н., доцент (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ СЖИГАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ПРИ ПОМОЩИ ПРЯМОТОЧНЫХ ГОРЕЛОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

На кафедре ТЭСНИУ «МЭИ» проведено численное моделирование сжигания твердого топлива, целью которого было получение распределения температур, скоростей газов, концентраций продуктов сгорания, выбросов NO_x, степени выгорания в топочном объёме и других характеристик, влияющих на эффективность, надёжность и экологическую безопасность работы котла.

Для исследования был выбран программный продукт ANSYS Fluent, апробированный в решении задач самого широкого класса – от пылеугольных котлов малой и средней мощности до котлов с ЦКС.

Принятая математическая модель топки включает в себя следующую систему уравнений: уравнение неразрывности (сохранения массы); уравнение сохранения энергии; уравнение сохранения количества движения; уравнения переноса химических реагентов и продуктов реакции (уравнения диффузии); уравнение переноса лучистой энергии; уравнения состояния; уравнения для дискретной фазы. [1]

Построение трехмерной модели осуществлялось в программе SolidWorks. Модель построена в соответствии с геометрическими размерами котла ТПП-210А.

Расчетная сетка сгенерирована в программах ANSYS ICEM и ANSYS Meshing и выполнена из тетраэдров.

Граничные условия входа сушильного агента и горячего воздуха задавались массовыми расходами. Граничное условие на выходе задавались как Outflow, учитывающее, что весь газовый поток покидает расчетную область через данную поверхность.

Моделирование показало, что несмотря на высокую полноту сгорания, концентрации оксидов азота находятся на крайне низком уровне. Во всех исследованных режимах наблюдаются ярко выраженные вихри. На основании пониженной температуры в пристенной зоне, можно судить об отсутствии шлакования экранов. [2]

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-19-10463 от 12 марта 2016 г.).

Литература

1. ANSYS FLUENT, 14.5 (2014). User's and theory guide. Canonsburg, Pennsylvania, USA: ANSYS, Inc.

2. Хзмяян Д.М., Каган Я.А. Теория горения и топочные устройства – М.: Энергия, 1976, 488 с.

*А.А. Масленков, асп., Н.Е. Крамченков, студ.; рук. В.И. Кормилицын,
д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)»*

О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ИЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ И БИОМАССЫ

Наблюдающаяся в настоящее время волатильность на мировых рынках нефти и продуктов её переработки (например, бензин и др.) способствует ускоренному увеличению доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и энергетических компонентов в исходных рецептурах альтернативных топлив для применения их в принципах сжигания совместно с традиционными топливами (дизель, мазут и др.). Использование биомассы, торфа и твердых коммунальных отходов (ТКО) позволяет существенно снизить нагрузку на традиционное топливное хозяйство, внедрить новые энерго- и ресурсосберегающие технологии топливоподготовки и тем самым обеспечить экономический рост топливно-энергетического комплекса.

Использование топливных композиций из углеводородного сырья и местной биомассы в качестве первичных энергетических ресурсов непосредственно на объектах выработки тепло- и электроэнергии позволяет существенно снизить затраты на транспорт топлива и сократить негативное влияние на окружающую природную среду. Предварительная подготовка торфа и биомассы (например, приготовление топливных гранул или создание жидких топливных композиций) позволяет увеличить эффективность их сжигания [1, 2].

По технологиям В. И. Кормилицына проведены расчетно-теоретические и экспериментальные исследования, на базе которых получены: топливные гранулы с использованием в качестве сырья торфа, каменноугольной крошки, древесных опилок, лигнина и др. [2]; жидкие топливные композиции из углеводородного сырья и биомассы [3]. В ходе изысканий был проведен анализ физико-химических свойств и теплоэнергетических характеристик полученных образцов альтернативного топлива, а также оценка технологий подготовки и сжигания данных топлив.

Литература

1. **Кормилицын В.И.** Экологические аспекты сжигания топлива в паровых котлах. М.: Издательство МЭИ, 1998.
2. Приготовление и сжигание альтернативных топлив / **Кормилицын В.И., ГоррД.А., Догадин Г.С.** и др. // Вестник МЭИ. 2012. № 3.
3. **Кормилицын В.И., Житков А.Н., Масленков А.А.** Методические основы постановки эксперимента при создании альтернативных углеводородных топлив // Энергосбережение и водоподготовка. 2018. № 5.

В.С. Скворцов, асп.; рук. В.Б. Тунов, д.т.н., проф. (НИУ МЭИ, Москва)

АКУСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗРЕГУЛИРУЮЩИХ КЛАПАНОВ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Для подачи на ТЭС и ТЭЦ природного газа с определенным давлением, степенью очистки и одоризации от магистральных газопроводов, действуют газораспределительные пункты (ГРП). На большинстве ГРП уровни шума превышают предельно допустимые значения. Одним из основных источников шума на ГРП являются газорегулирующие клапаны, которые срабатывают сверхкритический перепад давления с 1...1,2 МПа до 0,05...0,12 МПа [1].

При редуцировании давления газа, на регулирующих клапанах поток достигает больших скоростей, в результате за дросселирующей арматурой образуется турбулентная область. При сверхкритических перепадах давления скорость дросселируемого потока достигает сверхзвуковых величин, в следствии этого, возникают скачки уплотнения и, соответственно, ударные волны. Возникающие пульсации давления, создаваясь в процессе дросселирования, вызывают вибрации элементов конструкции регуляторов и присоединенных трубопроводов и создают акустический шум в окружающей среде уровня 105–110 дБА [2]. Для снижения уровня шума на ГРП используются различные методы, среди которых можно выделить использование делителей потока, гасители пульсаций давления, звукоизолирующие кожухи и т.п [3]. Необходимо отметить, что интенсивность излучаемого шума от ГРП в первую очередь зависит от конструктивных параметров клапана.

В данной работе был проведен анализ излучения шума от газорегулирующего пункта при использовании различных типов регуляторов давления и устройств снижения уровня шума, используемых на ГРП. Был проведен анализ конструктивных особенностей регуляторов давления, влияющих на генерацию шума, и приведена сравнительная характеристика регулирующих клапанов различных производителей.

Литература

1. **Тунов В.Б.** Факторы физического воздействия ТЭС на окружающую среду/ -М.: Издательство МЭИ. 2012 г.
2. **Тунов В.Б., Тунов Б.В., Скворцов В.С.** Особенности излучения шума от ГРП и газопроводов после него//Электрические станции, №6 (1043), 2018, - 55-57с.
3. **Шабанов К.Ю. Крючков А.Н. Ермилов М. А. Баляба М.В.** Устранение газодинамических резонансных режимов виброн нагружения трубопроводной арматуры газораспределительных станций. Вестник СГАУ, №4(35), 2014, - 184-192с.

А.А. Лисицын, студент; рук. В.С. Киричков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОЙ
УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ НА БЛОКЕ
250 МВт**

В настоящее время актуальными являются проблемы энергосбережения и рационального использования природных ресурсов, особенно в сфере энергетики. Наиболее остро стоят вопросы экономии топлива и повышения эффективности работы оборудования. Отчасти эти вопросы можно решить, увеличив эффективность работы котельного агрегата.

Как известно, большую часть тепловых потерь котла составляет теплота, теряемая с уходящими газами, поскольку температура уходящих газов поддерживается довольно высокой (в зависимости от вида топлива – от 110 до 170°C). Это делается по ряду причин, главная из которых – недопущение конденсации водяных паров, содержащихся в дымовых газах, в газоходах. Конденсацию нельзя допускать, поскольку создается коррозионно-активная среда, разрушающая металл газоходов и дымовых труб.

Для сокращения потерь теплоты с уходящими газами в данной работе предлагается применение технологии глубокой утилизации теплоты уходящих газов с использованием конденсационного теплообменника. В качестве охлаждающей среды для данного теплообменника предлагается основной конденсат турбины [1].

Преимущества использования конденсационного теплообменника:

- 1) повышение КПД котельного агрегата;
- 2) улучшение условий работы и увеличение продолжительности срока службы газового тракта, т.к. конденсация локализуется в камере с установленным теплообменником;
- 3) получение (после очистки) дополнительного конденсата, который можно использовать как для подпитки котла, так и для других целей;
- 4) некоторое снижение выбросов оксидов СО и NO_x, поскольку имеет место их частичное растворение в образующемся конденсате [1].

В работе был проведён расчёт КПД котла до и после установки конденсационного теплообменника, оценено изменение расхода топлива, а также рассмотрено влияние на работу тепловой схемы блока и показатели энергетической эффективности всей схемы в целом.

Литература

1. **Шадек Е.Г.** Оценка эффективности глубокой утилизации тепла продуктов сгорания котлов электростанций // Энергосбережение: электрон. журнал 2016. [№2]. С. 62. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6365 (дата обращения: 07.12.2018)

Н. О. Гурьева, студ.; рук. В.Б. Прохоров, к. т. н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ТОПКИ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО КОТЛА С ВИХРЕВОЙ СТУПЕНЧАТОЙ СХЕМОЙ СЖИГАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЯМОТОЧНЫХ ГОРЕЛОК

В НИУ «МЭИ» была разработана модель топки котла и схема сжигания твердого топлива.

Схема сжигания основана на рассредоточении факела по ширине, глубине и высоте топки. Факел представляет собой систему встречно-смещенных вертикальных и горизонтальных вихрей, образующихся взаимодействием струй пылеугольной горелки, сопл вторичного и третичного воздуха. Исследования проводились на изотермической физической и численной моделях топки котла.

Размеры разработанной физической модели топки котла и параметры среды на выходе из горелок и сопл были выбраны из условия соблюдения критериев подобия [1]. В исследованиях осуществлялась визуализация струй, выходящих из горелок и сопл с помощью искровых продувок, и проводилась оценка основных параметров движения пылеугольной струи на основе определения ее тепловых границ.

В программном комплексе ANSYS Fluent разработана математическая модель лабораторного стенда котла для случая течения изотермической жидкости (комнатного воздуха) и проведена ее верификация и валидация. Математическая модель построена на основе следующих уравнений сохранения: уравнения неразрывности (сохранения массы); уравнения Навье—Стокса (сохранения количества движения); уравнения турбулентности (k - ϵ модель турбулентности).

Выполненные модельные исследования эжекционной способности струй показали высокую устойчивость скорости воспламенения угольной пыли. Валидация компьютерной численной модели показала совпадение результатов с данными физического моделирования, что позволяет использовать в дальнейшем разработанную математическую модель для расчетов при различных скоростях потоков пылеугольных горелок и сопл, меняя их ориентацию и расположение.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда Соглашение 16-19-10463*

Литература

1. **Архипов А.М., Липов Ю.М., Прохоров В.Б.** Использование прямоточных горелок и сопл в топках котлов: инновационный опыт МЭИ. М.: Издательство МЭИ, 2013.

*А.И. Хайрутдинова, М.А. Хайрутдинов, студенты;
рук. О.С. Попкова, к.т.н., доц. (КГЭУ, Казань)*

ТЕМПЕРАТУРА ИСПАРЯЮЩЕГОСЯ СЛОЯ КАПЛИ ТОПЛИВА ПОСЛЕ ФОРСУНКИ

Для расчета траектории и координат движения капель, времени их полета необходимо определить параметры испарения капель и их концентрации в потоке. После прохождения форсунки капли движутся по различным траекториям и образуют факел топлива. Траектория капель факела рассчитывается по заданным начальным параметрам капель, а также параметрам форсунки и с учетом их влияния на движение капли. Решение задачи на первом этапе состоит из определения параметров и расчёта траектории движения одной изолированной капли. Далее полученные результаты обобщаются и используются для определения траектории капель в факеле за форсункой. Однако для расчета параметров движения капель необходимо определить параметры испарения, в частности температуру испаряющегося слоя капли.

Целью данной работы является расчет температуры испаряющегося слоя капли, необходимой для расчета траектории и времени движения капли в зависимости от термодинамических параметров топлива. При решении используется уравнение движения капли в среде с сопротивлением, которое базируется на уравнении движения центра масс твердого шара. Для дальнейшего расчета координаты и времени движения капли необходимо определить температуру испаряющегося слоя капли. Рассматривается задача о неравновесном испарении при допущении, что нагревается лишь наружный слой испаряющейся части капли. В первом приближении определяются температура испарения t_p по справочным данным и соответствующие этой температуре термодинамические параметры. По полученным термодинамическим параметрам воздуха и паров топлива находится температура испаряющегося слоя капли, необходимая для расчета траектории, координат и времени движения капель топлива после форсунки.

Литература

1. С.В. Лукачев, А.А. Диденко, И.А. Зубрилин, С.Ю. Мишенков, С.О. Некрасова Математические модели и расчет распределения топлива в турбулентном потоке воздуха за центробежной форсункой. Самара, 2011. 115 с.

Степанишин Д.В., аспирант.; рук. Чернов С.Л., к.т.н., доц. (НИУ МЭИ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОПЫТНОГО СЖИГАНИЯ

В современных условиях рыночной экономики при выборе топлива для сжигания на энергетических котлах ТЭС на одно из первых мест выходит такой показатель как стоимость топлива. Немало важным является и теплоэкономические показатели, которые имеют котлы при сжигании того или иного типа топлива, а также экологическая составляющая, от которой также зависят платы и штрафы за выбросы вредных веществ в атмосферу.

В связи с вышеперечисленными причинами электростанции довольно часто приходят к тому, что меняют поставщика топлива, переходя с проектного угля на непроектный, а зачастую меняют не только поставщика, но и тип сжигаемого топлива, переходя на сжигания газа, как это было в Москве 20 лет назад, но несмотря на то, что газ является более экологичным и менее прихотливым в подготовке к сжиганию топливом, зачастую перевод станции на его сжигание не может быть экономически обоснован.

Проведение исследования пригодности непроектных углей на ТЭС – опытное сжигание. Существует определенная методика для проведения данного исследования: методические указания по организации изменения топливного режима в связи с недостатком проектных углей на электростанциях РАО «ЕЭС России» (РД 153-34.1-44.302-2001)[1]. Однако, вышеуказанный документ устарел и требует серьезных доработок.

Изменение типа топлива отражается на работе практически всего энергетического оборудования станции, начиная от системы топливоподачи и заканчивая электрофильтрами. Если на оборудование топливно-транспортного хозяйства в основном влияют физические свойства топлива, взрывобезопасность, вкрапление инородных масс (металлы), то на котельное оборудование и на газоочистные сооружения основное влияние оказывает химический состав.

Современные энергоблоки, такие как энергоблоки №8 и №9 Черепетской ГРЭС, наиболее пригодны для смены типа топлива и способны сжигать большой спектр углей. Большой вклад в достижение этой цели вносят горелки, способные менять свое положение. С помощью таких горелочных устройств возможно наладить топочный режим с наименьшими потерями. В рамках данной работы рассмотрено влияние расположения факела на топочные процессы при сжигании различных марок углей.

Литература

1. **Штегман А.В., Липанин В.Г.** Методические указания по организации изменения топливного режима в связи с недостатком проектных углей на электростанциях РАО «ЕЭС России» (РД 153-34.1-44.302-2001).

*В.Э. Зинуров, студент; Нгуен Ву Линь, асп;
рук-ли: А.В. Дмитриев, д.т.н., доц. (КГЭУ, Казань)
О.С. Дмитриева, к.т.н., доц. (КНИТУ, Казань)*

РАЗРАБОТКА ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕПАРАТОРА ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ГАЗООЧИСТКИ

Очистка газовых выбросов является необходимой составляющей промышленных объектов и используется для повышения производительности и эффективности оборудования, охраны окружающей среды в нефтехимической, энергетической и др. отраслях.

Авторами данной работы был разработан прямоугольный сепаратор, который предлагается использовать в процессах газоочистки перед фильтрами тонкой очистки, что позволит существенно продлить их эксплуатационный срок службы и увеличить общую эффективность технологического процесса очистки газа от твердотельных мелкодисперсных частиц.

Данный аппарат имеет прямоугольную форму, внутри которого располагается несколько рядов двутавровых балок. Для обеспечения высокой прочности двутавровые элементы крепятся по высоте к корпусу аппарата. Также с целью уменьшения прогиба двутавровых балок имеется поперечная пластина, которая располагается немного выше середины двутавровых элементов. В поперечной пластине имеются пазы для двутавровых элементов, которые позволяют в случае необходимости заменить сломанный или загрязненный двутавровый элемент, также они позволяют вынуть все двутавровые элементы с верхней крышкой для их очистки [1].

Следует отметить, что особое влияние на эффективность очистки дымовых газов оказывает центробежная сила, возникающая при огибании дымовыми газами двутавровые элементы. В связи с этим, ряды двутавровых элементов расположены относительно друг друга таким образом, чтобы достигалось максимальное значение центробежной силы. Иными словами, должно выполняться следующее условие: окружность, проведенная из центра двутаврового элемента должна проходить через крайние точки выступов двутавровых элементов соседних рядов.

В докладе представлены экспериментальные исследования, проводимые на предприятии «КАМАТЕК» в г. Набережные Челны.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-4522.2018.8.

Литература

1. Дмитриев А.В, Зинуров В.Э, Дмитриева О.С, Нгуен Ву Линь. Улавливание частиц из дымовых газов прямоугольными сепараторами //Вестник Казанского технологического университета, 2017, Т. 20, №. 15.

Секция 45

ТЕХНОЛОГИЯ ВОДЫ И ТОПЛИВА НА ТЭС И АЭС

Руководитель секции: Егошина Ольга Вадимовна

Секретарь секции: Селиванов Елисей Андреевич

С.В. Аладушкин, асп.; рук. И.А. Бураков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССОВ
РЕГЕНЕРАЦИИ ПАРАЛЛЕЛЬНОТОЧНЫХ НА-
КАТИОНИТНЫХ ФИЛЬТРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ХЛОРИДНЫХ НАТРИЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ПРИРОДНЫХ
РАССОЛОВ**

Na-катионитные фильтры применяются в схемах водоподготовительных установок для решения широкого диапазона задач и целей [1]. Существуют различные методы регенерации Na-катионитных фильтров, из которых самыми активно используемыми являются: регенерация раствором технической соли NaCl; регенерация природными рассолами хлоридного натриевого состава. Для проведения процессов регенерации Na-катионитных фильтров с использованием технической соли существуют нормативные документы и рекомендации. Для процессов регенерации Na-катионитных фильтров природными подземными рассолами такие рекомендации и нормативные документы отсутствуют.

Целью данной работы являлась разработка рекомендаций по применению подземных природных рассолов для регенерации параллельноточных Na-катионитных фильтров. По результатам проведённых исследований были построены «выходные кривые» Na-катионитного фильтра при различных условиях регенерации подземными рассолами, исследовано влияние концентрации используемого подземного природного рассола на обменную ёмкость и осмотическую стабильность катионита, остаточную жесткость фильтрата, определены оптимальная скорость пропуска регенерационного раствора и оптимальное время контакта регенерационного раствора с катионитом, другие параметры.

По итогам работы были сформулированы рекомендации по применению подземных рассолов для регенерации Na-катионитных фильтров: для достижения наиболее эффективного использования подземных природных рассолов их концентрация по Na⁺ должна быть порядка 14 %; при регенерации скорость пропуска рассола через катионит должна соответствовать диапазону 4 – 6 м/ч; время контакта катионита с рассолом должно составлять не менее 25 мин.

Литература

1. Бураков А.Ю., Моисейцев Ю.В., Родионов И.В., Храмчихин А.М. Проблемы использования подземных природных рассолов в технологии подготовки добавочной воды теплосети // «Новости теплоснабжения», 2000, №2.

Аунг Х.Н., асп.; Батсамбуу У., асп.; рук-ли И.А. Бураков, к.т.н., доц.; С.Д. Федорович, к.т.н., доц.; А.А. Дудолин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЕЙ В ВЧИ-ПЛАЗМАТРОНЕ

По данным [1] в мире доля использования угля на тепловых электрических станциях сокращается. Подобная тенденция связана с уменьшением конкурентоспособности угля по сравнению с другими видами топлива, вызванная наличием проблем экономического и экологического характера. Экологические проблемы связаны с наличием значительного количества выбросов вредных и токсичных веществ при его сжигании. Кроме того, из общего количества запасов твёрдого топлива РФ 68,7% составляют запасы низкосортных углей. При исследовании мирового опыта в плане решения подобных проблем существуют примеры «обнуления» угольной генерации (Великобритания) и активного использования предварительной энерготехнологической переработки твёрдого топлива (Германия, Китай) [1]. В виду наличия регионов на территории РФ, в которых альтернативы угольной генерации пока не существует, предлагается использовать при подготовке угля к сжиганию процессы энерготехнологической переработки, в частности процесс плазменной газификации. Плазменная газификация имеет опыт успешного применения, как на территории РФ, так и за рубежом. Перечень основных работ представлен в [2].

Исследования плазменной газификации на базе НИУ «МЭИ» проводились в ВЧИ-плазматроне, обеспечивающем температуру в реакционной зоне процесса 1800 – 3000 °С. В качестве исходного топлива использовались 4 марки угля и 1 марка торфа, что вместе составило представительство всех стадий углефикации начиная от торфяной и заканчивая каменноугольной. В ходе работы по полученным спектрам NO_x были определены зоны горения и газификации реакционной зоны плазматрона. Получены спектры образующихся в результате процесса газификации компонентов синтетического газа. Горючие газы представлены CO и H_2 . По параллельно проведённым расчётам в программе «Termoflex» соотношение концентраций CO к H_2 соответствует экспериментально полученному.

Литература

1. **British Petroleum** – статистический обзор мировой экономики. Июнь 2018 года. BP Statistical Review of World Energy June 2018. BP: Energy economics.

2. **S.D. Fedorovich, I.A. Burakov, A.A. Dudolin, A.A. Markov, Aung K.N., BatsambooUl, D.I. Kavyrshin** «Optical spectra of coal gasification products in the RF plasmatron», IOP Conf. Series: Journal Of Physics: Conf. Series, 891 (2017) 012305.

*Н.А. Брагина, Е.А. Ануфриева, студенты;рук. И.А. Бураков, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УГЛЕЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ

Из существующих процессов обогащения полезных ископаемых для энергетических углей применяют методы гравитационного, флотационного и частично специального метода.[1, 2]. Процессы предварительного обогащения по экономическим соображениям не распространены в энергетической отрасли РФ (стоимость сортированного исходного угля составляет в среднем 3300 – 4200 руб/т; стоимость обогащённого угля составляет в среднем 5500 – 6950 руб/т). Вследствие грядущего ужесточения требований экологического характера к работе энергетических объектов возможно широкое применение данных процессов переработки твёрдого топлива в рамках использования его на ТЭС. Таким образом, целесообразно провести оценку существующих методов обогащения энергетических углей по экономическим и техническим характеристикам схем обогащения и получаемых концентратов обогащённого продукта.

Для каждого из методов были составлены технологические схемы, включающие оборудование для обеспечения подготовительных процессов, основных обогатительных процессов и вспомогательных процессов. Рассмотренные методы обогащения были оценены по показателям зольности исходного продукта и концентрата на сухую и рабочую массы топлива, выходу продуктов (концентрата, промежуточного продукта и отходов) и себестоимости получаемого продукта руб/т. Так же была разработана схема ТЭС с блоком обогащения исходного твёрдого топлива и произведён её технологический расчёт на основе [3] и экономический расчёт по самоокупаемости подобных ТЭС.

По результатам работы были составлены рекомендации по применению каждого из рассмотренных методов обогащения с целью уменьшения содержания минеральной части энергетических углей.

Литература

1. **Авдохин В.М.** «Обогащение углей»: учебник для вузов в 2 т. – М.: Издательство «Горная книга», 2012. Т. №1. «Процессы и машины» – 424 с.
2. **Ходаков Г.С.** «Водоугольные суспензии в энергетике», «Теплоэнергетика», 2007, №1, с. 35 – 45.
3. **Авдохин В.М.** «Обогащение углей»: учебник для вузов в 2 т. – М.: Издательство «Горная книга», 2012. Т. №2. «Технологии» – 475 с.

Аунг Х.Н.;Йе В.А., асп.;рук. И.А. Бураков, к.т.н., доц.(НИУ «МЭИ»)
**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИИ В
РЕСПУБЛИКЕ МЬЯНМА**

Важным условием развития стран с низким уровнем электрификации является непосредственное использование экологических чистых топлив на энергетических объектах. Данное условие является актуальным и для энергетики республики Мьянма. На 2013 год в данной стране в качестве топливно-энергетических ресурсов использовались: гидроэнергия-70, 3%, природный газ-21,7%, уголь-7,6%, нефть-0,4% [1]. Однако, в условия недостаточной электрификации страны (уровень потребления на душу населения электрической энергии Мьянмы на ряду с Непалом является одним из самых низких в Азии и составляет менее 26%[1]) соотношение использования топливно-энергетических ресурсов из года в год подвергается изменениям.

Правительство страны поставило задачу к 2030 году обеспечить 100% уровень электрификации страны за счёт строительства новых объектов тепловой энергетики, более активного использования ВИЭ, природного газа и твёрдого топлива. Однако в части экологических показателей прямое сжигание угля не может быть конкурентоспособно ВИЭ и природному газу, поэтому коллектив авторов доклада видит один из путей решения проблемы повышения конкурентоспособности угольной генерации Мьянмы в активном внедрении процессов энерготехнологической переработки твёрдого топлива в экологически чистое искусственное топливо. А именно, использование процессов обогащения угля, брикетирования, газификации и пиролиза, а также процессов создания искусственных композиционных топлив, которые будут обеспечивать более высокую экологичность работы энергетических объектов [2]. В работе проведён анализ возможности внедрения энерготехнологической переработки твёрдого топлива в угольную генерацию Мьянмы и оценены положительные и отрицательные стороны данного внедрения.

Литература

1. Ко КоМаунг, И.С. Никитина, И.А. Бураков «Энергетическая система Мьянмы» // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (18 Бенардосовские чтения), ИГЭУ 27-29 мая 2015, Иваново, Электроэнергетика, 1 том, стр. 210 – 213.

2. Аунг Х.Н., Батсамбуу У., И.А. Бураков «Получение синтетического газа путём газификации различных видов твёрдого топлива»/ труды международной научной конференции молодых учёных и специалистов «Экология энергетики-2017» (Москва 23 – 24 ноября 2017 г.) – М.: Издательский дом МЭИ, 2017, стр. 97 – 98.

С.К. Звонарева, студ.; рук. О.В. Егюшина, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПРОДУКТОВ КОРРОЗИИ В ПУСКОВЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ЭНЕРГБЛОКОВ ПГУ

Одной из проблем, возникающих при частых пусках котлов-утилизаторов, является образование отложений на теплопередающих поверхностях испарительного контура [1]. Это связано с тем, что при пуске оборудования в пароводяной тракт поступают примеси в концентрациях, превышающих нормируемые показатели. В первую очередь, это относится к продуктам коррозии конструкционных материалов. Таким образом, целесообразно провести анализ содержания продуктов коррозии в контуре высокого и низкого давления в процессе пуска двух энергоблоков.

В рамках работы определена разность количества продуктов коррозии железа, поступающих с питательной водой и отводящихся с продувочной водой и паром для котлов-утилизаторов дубль-блока из холодного состояния. Данные позволили оценить полное количество продуктов коррозии за время пуска. Для каждого котла-утилизатора были построены графики зависимости изменения концентрации железа от времени в питательной, котловой воде и насыщенном паре контуров низкого и высокого давления в период пуска.

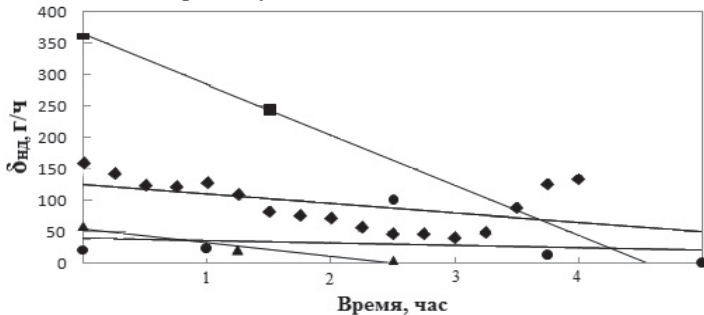


Рис.1. Разность количества продуктов коррозии железа, поступающих с питательной водой и отводящихся с котловой водой и паром.

▲ - Пуск 1; ● - Пуск 2; ■ - Пуск 3; ◆ - Пуск 4.

Анализ полученных данных показал, что в зависимости от степени циркуляции воды в испарительных контурах котлов возможно образование отложений на теплопередающих поверхностях, причем, в контуре циркуляции низкого давления вероятность образования отложений продуктов коррозии железа выше, чем в контуре циркуляции высокого давления.

Литература

1. Воронов В.Н., Петрова Т.И. Водно-химические режимы ТЭС и АЭС – М.: Издательский дом МЭИ, 2009.

Ю.А. Кудинова, студ.; рук. Ю.А. Морыганова, к.х.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПРИРОДНЫХ
 СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ
 НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Сегодня при возведении и эксплуатации объектов энергетики на первый план выдвигаются вопросы их влияния на экологию, поэтому целью данной работы является изучение и оценка возможности применения для очистки сточных вод от нефтепродуктов сорбентов на основе природных материалов.

Традиционно для доочистки сточных вод от нефтепродуктов используются активированные угли. Эффективность удаления вещества на сорбенте зависит от размера его пор, то есть преимущественно удаляются молекулы, размер которых больше или равен размеру пор сорбента [1]. Для оценки эффективности удаления нефтепродуктов ($M=306,62$ г/моль) из воды выбрана методика, основанная на определении удельной величины адсорбции метиленового голубого ($M=319,85$ г/моль) [2]. Для исследования взяты кокосовое волокно, рисовая шелуха, шелуха пшеницы, АПТ-1 и в качестве эталона БАУ. Для каждого случая определено соответствующее значение концентрации раствора после контакта с сорбентом. Далее на основании полученных значений определена адсорбционная способность сорбента. Полученные в ходе экспериментараезультатыприведены в табл. 1.

Таблица 1

Экспериментальные результаты

Сорбент	Концентрация исходного раствора, мг/дм ³	Концентрация раствора после контакта, мг/дм ³	Удельная величина сорбции, мг/г
БАУ	1500	276,9	30,6
АПТ-1	1500	293,9	30,2
Кокосовое волокно	1500	293,9	29,8
Рисовая шелуха	1500	272,1	30,7
Шелуха пшеницы	1500	267,9	30,8

По результатам эксперимента видно, что значение удельной величины сорбцииметиленового голубого выбранных сорбентов практически совпадают с той же величиной для БАУ. На основе полученных результатов сделан вывод, что на поверхности выбранных сорбентовэффективно сорбируются тяжелые и длинные органические молекулы и их можно применять для очистки воды от нефтепродуктов.

Литература

1. Смирнов А. Д. Сорбционная очистка воды. – Химия. Ленингр. отделение, 1982.
2. ГОСТ 4453–74. Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный

*Ю.Е. Барочкин, асп.; рук. Г.В. Ледуховский, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕАЭРАЦИИ ПЕРЕГРЕТОЙ ВОДЫ ПРИ ПОПАДАНИИ В ЗОНУ РАЗРЕЖЕНИЯ

На вскипании перегретой воды при попадании в зону разрежения основана работа кавитационно-струйных (ДКС), центробежно-вихревых (ДЦВ) и ряда других деаэрационных устройств. В настоящее время остаются не исследованными зависимости показателей эффективности таких устройств от влияющих параметров. Целью настоящей работы является разработка математической модели процесса деаэрации воды в рассматриваемых условиях как основы для проведения численных экспериментов по оптимизации конструкций и режимов работы деаэрационного оборудования.

На первом этапе, исходя из теоретических представлений о механизме рассматриваемого процесса, получена математическая модель в виде

$$\zeta = 1 - C/C_0 = 1 - (1 + Ar / Ku)^{-1}; \quad Ar = \rho_{ж} / \rho_{п} - 1; \quad Ku = r / (c_p \Delta t), \quad (1)$$

где ζ – эффект деаэрации, ед.; C и C_0 – массовые концентрации растворенного в воде кислорода соответственно на выходе и входе деаэрационного элемента, мкг/дм^3 ; Ar и Ku – критерии Архимеда и Кутателадзе; $\rho_{ж}$ и $\rho_{п}$ – плотности соответственно воды и сухого насыщенного пара, кг/м^3 ; r – удельная теплота парообразования, кДж/кг ; c_p – удельная теплоемкость воды, $\text{кДж/(кг} \cdot \text{град.)}$.

На втором этапе в модель (1) введен параметр идентификации b как множитель к отношению (Ar/Ku) в выражении для ζ . На основе обобщения экспериментальных данных по деаэраторам ДКС, ДЦВ и капельным деаэрационным устройствам, работающим в режиме перегретой воды (всего 45 опытов), методом множественной линейной регрессии получено расчетное выражение для параметра идентификации:

$$b = 0,37 - 0,18g + 0,0070\Delta t_{\text{вх}}, \quad (2)$$

где $\Delta t_{\text{вх}}$ – перегрев воды относительно температуры насыщения на входе в устройство, $^{\circ}\text{C}$; g – относительная (по отношению к номинальной) гидравлическая нагрузка устройства, ед.

Среднеквадратическое отклонение результатов расчета с использованием модели от экспериментальных данных по всем рассмотренным деаэраторам составило 11,6 %, что позволяет рекомендовать полученную модель для проведения практических расчетов при оптимизации конструктивного исполнения и режимов работы деаэрационных устройств, работающих при попадании перегретой воды в зону разрежения.

А.Н. Филатова, студент; рук. О.В. Егорова, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОНОЭТАНОЛАМИНА НА Н-КАТИОНИТНУЮ СМОЛУ В СИСТЕМЕ ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К АЭС

В системах химического контроля второго контура АЭС с ВВЭР, одним из важнейших нормируемых показателей является удельная электропроводность (УЭП) Н-катионированной пробы. Согласно нормам [1] УЭП Н-катионированной пробы не должна превышать 0,5 мкСм/см, однако на практике добиться этого не удаётся [2]. В связи с этим возникла задача: оценить взаимосвязь между завышенными показаниями УЭП Н-катионированной пробы и использованием корректирующего реагента, моноэтаноламина. Последний является одним из распространенных корректирующих реагентов на атомных электростанциях [2,3].

В данной работе проведены исследования влияния моноэтаноламина на сильноокислотный катионит марки КУ-2-8, который используется на станциях перед кондуктометрами в системах химконтроля.

В первой серии опытов определен характер кривой УЭП до и после Н-катионитной колонки в период фильтроцикла до момента выхода её на регенерацию при скоростях фильтрования 10 и 30 м/ч. Во второй серии опытов определена зависимость концентраций МЭА на выходе из Н-катионитной колонки при разной концентрации МЭА в обрабатываемой воде. В третьей серии опытов определена зависимость концентраций МЭА на выходе из Н-катионитной колонки при разной высоте загрузки ионита.

На основе проведенных экспериментов сделано заключение, что дозируемый реагент влияет на показания УЭП Н-катионированной пробы, так как во всех случаях, независимо от величины концентрации МЭА в обрабатываемой воде и высоты загрузки ионита, наблюдается его проскок.

Литература

1. **Водно-химический режим второго контура атомных электростанций с реакторами типа ВВЭР-1000.** Нормы качества рабочей среды и средства их обеспечения. СТП-ЭО-0003-99.
2. **Рошкетав Б.М.** Водно-химический режим АЭС с реакторами ВВЭР-100 и РБМК-1000: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. -132с
3. **Тяпков В.Ф., Шарафутдинов Р.Б.** Состояние, основные проблемы и направления совершенствования водно-химического режима АЭС. Журнал «Водоочистка» № 11, 2006;
4. **Ионообменные смолы DOWEX. Рекомендации по конденсатоочистке.** DowLiquidSeparations. Опубликованная литература The Chemical Company. 2003.

*А.Н. Филатова, Р.И. Шиабутдинов, студенты; рук. О.В. Егошина,
к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОНОЭТАНОЛАМИНА НА СИЛЬНОКИСЛОТНЫЙ КАТИОНИТ В Н-ФОРМЕ

Водно-химический режим является одним из важнейших факторов, влияющих на надежную, экономичную и безопасную эксплуатацию станции [1]. Для оптимальной коррекции рН на атомных электростанциях применяются такие органические соединения, как моноэтаноламин (МЭА), который обеспечивает высокую защиту трубопроводов, подогревателей и других зон с влажным паром, где возможно возникновение зии [2]. Однако, знаний оселективности, которую катионит демонстрирует к МЭА и его влияние на смолу в целом, все еще недостаточно.

В лаборатории химического контроля на кафедре ТОТ была проведена серия опытов при следующих условиях: диаметр Н-катионитной колонки – 0,022 м, высота загрузки катионита – 5 см и расход обрабатываемой воды – 13,2 л/ч. В данной работе исследовано влияние МЭА на сильнокислотные катионитные смолы, которые имеют разные характеристики, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики исследуемых смол

N	Структура смолы	Эффективный размер зерна, мм	Полная обменная ёмкость, г-экв/л (ммоль/мл)
1	макропористая	0,75 ÷ 0,85	1,8
2	гелевая	0,75 ÷ 0,85	1,8
3	макропористая	1,0 ÷ 1,25	1,6

На основании измерений удельной электропроводности расчетным путем было получено, что при концентрации МЭА в обрабатываемой воде 10 мг/л концентрация МЭА на выходе из Н-катионитной колонки увеличилась от исходного значения для смолы №1 на 0,05 мг/л; смолы №2 – 0,14 мг/л; смолы №3 – на 0,2 мг/л.

На основании этих данных сделано заключение, что независимо от типа катионитной смолы наблюдается проскок МЭА на выходе из Н-катионитной колонки и в дальнейшем при увеличении концентрации МЭА в рабочем растворе прослеживается закономерный рост этого проскока.

Литература

1. **Тяпков В.Ф., Шарафутдинов Р.Б.** Состояние, основные проблемы и направления совершенствования водно-химического режима АЭС. Журнал «Водоочистка» № 11, 2006;
2. **Ионообменные смолы DOWEX. Рекомендации по конденсатоочистке.** Опубликованная литература The Dow Chemical Company. 2003

*Н.А. Баранов, М.Р. Белинский, студенты; рук. К.А. Орлов, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

МЕТОДЫ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ ВОДОРОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ВОДЫ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕРМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ СРЕДЫ

На существующих энергетических объектах, потенциометрические методы измерения реализуются для контроля качества ведения водно-химического режима (ВХР) пароводяного тракта, стабильности работы водоподготовительной установки (ВПУ) и прогнозирования протекания коррозионных процессов, причём измерения проводятся в охлажденной пробе при температурах, приведенных к 25 °С [1]. Однако, для широкого спектра технологических задач требуются измерения значений рН непосредственно при рабочих параметрах среды, например, при дозировании корректирующих реагентов в конденсатно-питательный тракт или для прямых методов контроля за процессами коррозии, не требующие использование математического моделирования, для контроля коррозии при высокотемпературных химических промывках парогенераторов АЭС [2] и др.

В настоящей работе приведён литературный обзор существующих методов определения рН и технические затруднения, связанные с измерениями при высоком давлении [3] и температуре [4]. Рассмотрение преимуществ и недостатков методик измерения при потенциометрическом определении рН со стеклянным электродом [5], а также проведён разбор конструктивных особенностей данного электрода [6].

Литература

1. **Roger G. Bates**, “Determination of pH”, 1964
2. **Туркин А.В., Донников В.Е.**, “Разработка проекта эксплуатационной химпромывки и пассивации парогенератора Н-272 в составе РУ БН-800 энергоблока №4 Белоярской АЭС”, Москва 2014, отчет ОАО “ВТИ”
3. **Donald A. Palmer** “Aqueous systems at elevated temperatures and pressure”
4. **Macdonald D.** “Understanding the Corrosion of Metals in Really Hot Water”, 2013.
5. **Зотов А.В., Королева Л.А., Осадчий Е.Г.** “Потенциометрическое исследование устойчивости ацетатных комплексов Eu^{3+} в зависимости от давления (1-1000 бар) при 25°С”, Москва 2005 год
6. **Шикина Н.Д., Зотов А.В., Тагиров Б.Р.**, “Влияние давления в интервале 0.1-100 МПа на первую константу диссоциации мышьяковистой кислоты в водных растворах при 298,15К”, журнал физической химии, 2010 год, том 84, №6, с. 1192-1194

*М.Р.Белинский, Н.А.Баранов, студенты; рук. К.А. Орлов, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ПРОБЛЕМАТИКА ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

На существующих энергетических объектах, кондуктометрические методы измерения используются преимущественно для контроля над корректностью ведения водно-химического режима оборудования и штатностью его работы, причём измерения проводятся в охлаждённой пробе при температурах, близких к 25 °С. Однако, в ряде технических приложений требуются измерения удельной электропроводности (УЭП) непосредственно при высоких рабочих макропараметрах, например, при контроле показателей качества в теплоносителе первого контура ВВЭР (в т.ч. концентрации борной кислоты), контроле за степенью разложения этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) по УЭП при химических промывках, и пр.

В настоящей работе приведён литературный обзор существующих высокотемпературных методов измерения УЭП [1], с упором на их приложения применительно к задачам теплоэнергетики. Рассматриваются проблемы, связанные с конструкцией кондуктометрических ячеек и устранением погрешностей измерения.

В качестве практического приложения высокотемпературной кондуктометрии рассмотрены существующая экспериментальная установка для лабораторных электрохимических измерений компаративным методом, реализованная на базе ОАО «ВТИ» [4]. Также приводится схема разрабатываемой двухэлектродной ячейки диаметром 28 мм, предназначенной для измерения концентрированных растворов.

Литература

1. **Gregory G. Wildgoose et al.** High-Temperature Electrochemistry: A Review. *Electroanalysis* 2004, 16, No. 6, 2003, [421],
2. **Palmer D. A., Fernandez-Prini R., Harvey A. H.** Aqueous systems at elevated temperatures and pressures. – Elsevier Engineering Information, Incorporated, 2004. – С. 409-439.
3. **Шикина Н.Д., Зотов А.В., Тагиров Б.Р.,** «Влияние давления в интервале 0.1-100 МПа на первую константу диссоциации мышьяковистой кислоты в водных растворах при 298,15 К», журнал физической химии, 2010 год, том 84, №6, с. 1192-1194
4. Отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) «Разработка методики лабораторных исследований коррозии углеродистой стали в нейтральной водной среде.». 1984 год. Руководитель Сирота А.М.

*В.О. Намётышев студ., рук А.А. Александров, д.т.н., профессор
(НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ РАСЧЁТА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЯЖЕЛОЙ ВОДЫ

Важнейшим свойством тяжёлой воды является то, что она практически не поглощает нейтроны, поэтому используется в ядерных реакторах для замедления нейтронов и в качестве теплоносителя. Она используется также в качестве изотопного индикатора в химии, биологии и др.

В 2018-ом году Международной ассоциацией по свойствам воды и водяного пара (International Association for the Properties of Water and Steam) было разработано новое уравнение для расчёта термодинамических свойств тяжёлой воды. Уравнение представляет собой зависимость удельной энергии Гельмгольца от плотности и температуры [1].

В безразмерном виде это уравнение имеет вид:

$$\frac{f(T, \rho)}{RT} = \alpha(\tau, \delta) = \alpha^0(\tau, \delta) + \alpha^r(\tau, \delta), \quad (1)$$

где f – удельная энергия Гельмгольца; R – удельная газовая постоянная; T – температура; ρ – плотность; α – безразмерная энергия Гельмгольца; α^0 – идеальная часть безразмерной энергии Гельмгольца; α^r – реальная часть безразмерной энергии Гельмгольца; $\tau = T_c/T$ и $\delta = \rho/\rho_c$ с T_c и ρ_c заданными по [1].

Область определения уравнения находится от линии плавления льда до температур 825 К при давлениях до 1200 МПа, включая состояния насыщения.

С помощью разработанной программы расчёта возможно вычисление всех основных термодинамических свойств, таких как давление, удельная внутренняя энергия, удельная энтальпия, удельная энтропия, удельная изохорная теплоемкость, удельная изобарная теплоемкость, скорость звука и т.д.

Неудобством использования исходного уравнения является использование в качестве переменных плотности ρ и температуры T . Для практического использования более удобными переменными являются давление p и температура T . Поэтому также была разработана программа расчета термодинамических свойств в переменных p и T .

Проведено сравнение существующих уравнений для расчёта фазового перехода $p=f(T)$.

Литература

1. IAPWS R16-17(2018). Revised Release on the IAPWS Formulation 2017 for the Thermodynamic Properties of Heavy Water (2018)

*П.Н.Баева, В.Р. Иванова, студенты.; И.С. Никитина, к.т.н.;доц.
(НИУ «МЭИ»)*

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД КАРТРИДЖНЫХ ФИЛЬТРОВ

В настоящее время для очистки сточных вод в промышленности применяют

механические, физико-химические, химические и биохимические методы [1,2]. В рамках работы проведен анализ имеющихся на ТЭС методов и схем очистки сточных вод от нефтепродуктов. Рассмотрены вопросы интенсификации процессов флотации и сорбции. Предложено совершенствование схемы очистки [3] сточных вод, загрязненных нефтепродуктами использованием фильтров с сорбционной картриджной загрузкой с номинальной производительностью до 1000 м³/ч в качестве последней ступени очистки как в стационарной установке, так и в передвижной мобильной установке, которую можно использовать при возникновении нестандартных ситуаций (при разливе нефтепродуктов). Проведен анализ свойств сорбционных материалов с целью очистки замасленных и замазученных сточных вод: сорбентов на основе отходов технологического производства, природных материалов, БАУ.

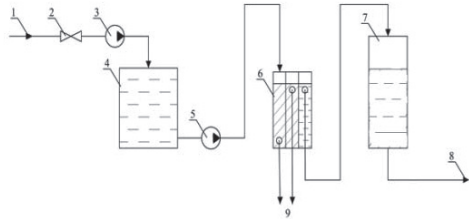


Рис. 1 Схема мобильной установки для очистки вод, загрязненных нефтепродуктами
1-вход загрязненной воды, 2-задвижка, 3,5 насос, 4- приемный бак, 6- аппарат с сорбентом АПТ-8, 7-картриджный фильтр 8 – выход фильтрата; 9 – отвод собранных нефтепродуктов

сточных вод, загрязненных нефтепродуктами использованием фильтров с сорбционной картриджной загрузкой с номинальной производительностью до 1000 м³/ч в качестве последней ступени очистки как в стационарной установке, так и в передвижной мобильной установке, которую можно использовать при возникновении нестандартных ситуаций (при разливе нефтепродуктов). Проведен анализ свойств сорбционных материалов с целью очистки замасленных и замазученных сточных вод: сорбентов на основе отходов технологического производства, природных материалов, БАУ.

Литература

1. Ануфриева Е. А., Баева П. Н., Звонарева С. К., Селиванов Е. А., Никитина И. С. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЛОТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ // РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА. – 2018. – С. 864-864.
2. Nikitina I. S., Moryganova Y. A., MaungKo.Ko., Arefeva E. A. Ecologically pure sorbents for power system of Myanmar. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 891 (2017) 01226
3. Ко Ко Маунг, Арефьева Е.А., Никитина И.С. Мобильная установка для очистки сточных вод, загрязненных нефтепродуктами // Международная научная конференция молодых ученых и специалистов «Экология энергетики» -2017 .М.: Издательский дом МЭИ, 2017г.

Е.А. Селиванов, асп.; рук. Т.И. Петрова, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ВЕДЕНИИ ВОДНО- ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА ТЭС И АЭС.

Изучение термодинамики протекания химических реакций активно развивалось во второй половине XX века, после того как на ее основе был решен ряд важнейших проблем металлургических и нефтехимических производств. На основе термодинамических методов был решен и ряд проблем энергетики, в частности относящийся к области высоких температур. Накопленные экспериментальные данные о термодинамических свойствах различных веществ и термодинамических параметров химических реакций позволило определить состояния равновесия в различных системах, в частности, в системах металл-вода расчетными методами [1]. Особенно важно, что такие расчеты позволяют дать сравнительную оценку оптимальных условий проведения экспериментальных исследований. На сегодняшний день существующие расчетные методы используются наравне с экспериментальными данными и постоянно совершенствуются [2, 3].

В работе рассмотрены уже существующие методики расчетной оценки термодинамических параметров химических реакций и предложена их адаптация для расчетов в энергетике, в частности, для оценки водно-химического режима [4] в области параметров критической точки для воды области пара с температурой до 700°С. Проведено сравнение известных методик по проведению расчетной оценки вновь разрабатываемой. Принципиальным отличием от используемых ранее методов является учет области отклонений как функциональная зависимость.

Литература

1. **Киреев, В. А.** Методы практических расчетов в термодинамике химических реакций / В. А. Киреев. М.: Химия, 1975. 536 с.
2. **Тюрин А. Г.** Термодинамика химической и электрохимической устойчивости твёрдых сплавов железа, хрома и никеля. – 2011.
3. **Тюрин, А. Г.** К термодинамике химической и электрохимической устойчивости железохромистых сплавов / А. Г. Тюрин // Защита металлов. 1999. Т. 35, № 3. С. 244–249
4. **Petrova T. I., Selivanov E. A.** Using of Pourbaix diagram for evaluation of water chemistry recommended for ultra-supercritical parameter of water coolant // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2017. – Т. 891. – №. 1. – С. 012262.

М. Х. Чжо аспирант; рук. А.Е. Верховский к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
РАСЧЕТ ПОВЕДЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ В КОТЛЕ-
УТИЛИЗАТОРЕ ПРИ ДВУХ БАРАБАННОЙ СХЕМЕ

При коррекции водно – химического режима котлов утилизаторов с двух барабанной схемой необходимо учитывать разделение потоков питательной воды. В первом случаи питательной водой контура высокого давления является вода контура низкого давления, отбираемая из барабана низкого давления (схема 1). При другой схеме питательная вода разделяется на два потока и подается отдельно в контур низкого и высокого давлений (схема 2).

Разная схема подачи питательной воды приводит к тому, что расчет поведения примесей и расчет дозы реагентов при коррекционной обработки котловой и питательной воды ведется по разному.

Для различных типов котлов утилизаторов балансовые уравнения будут записываться по-разному.

Для котлов – утилизаторов работающих по схеме 1 уравнения баланса примесей для контура низкого и высокого давления запишутся в следующем виде:

Для контура низкого давления

$$D_{пв} C_{пв} = D_{п1} C_{п1} + D_{пр} C_{нд} + (D_{пв} - D_{п1} - D_{пр1}) C_{нд} \quad (1)$$

Для контура высокого давления:

$$(D_{пв} - D_{п1} - D_{пр1}) C_{вд} = D_{п2} C_{п1} + D_{пр2} C_{вд} \quad (2)$$

Для котлов утилизаторов работающих по схеме 2 уравнения запишутся следующим образом.

Для контура низкого давления:

$$(1-a) D_{пв} C_{пв} = D_{п1} C_{п1} + D_{пр} C_{нд1} \quad (3)$$

Для контура высокого давления:

$$a D_{пв} C_{пв} = D_{п2} C_{п2} + D_{пр2} C_{вд} \quad (4)$$

Опираясь на уравнения баланса поведения примесей можно в зависимости от изменения расходов теплоносителя в контурах высокого и низкого давлений создать алгоритм и схему дозирования корректирующих реагентов для поддержания водно - химического режима котлов – утилизаторов.

Список литературы.

1. Верховский А. Е., Морыганова Ю. А., АунгМьоКхин. Изучение поведения фосфатов в барабане котла ТЭЦ МЭИ. Вестник ИЭГУ Вып.1, 2016. с. 5-10. Новое в Российской электроэнергетике. №5. 2016. с. 32-37.

М. Х. Чжо аспирант; рук. А.Е. Верховский к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**БАЛАНС ПОВЕДЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ В ТРЕХ БАРАБАННОМ
 КОТЛЕ-УТИЛИЗАТОРЕ**

Автоматизация дозирования реагентов для поддержания водно – химического режим является основной задачей, которая решает вопрос оптимизации расхода реагентов, снижении скорости протекания коррозионных процессов и уменьшению количества отложений на теплопередающих поверхностях. Различие схем подачи теплоносителя в контуры циркуляции котлов утилизаторов приводит к тому, что необходимо, для каждого типа котла составлять свой алгоритм управления насосами дозаторами корректирующих реагентов. Составление уравнений материального баланса поведения примесей в контурах циркуляции помогает найти связь изменения концентрации корректирующих реагентов и примесей котловой воды в зависимости от расходных характеристик.

Так для раздельной схемы подачи питательной воды (3 независимых контура циркуляции) необходимо учитывать изменение подачи питательной на каждый контур циркуляции, т.е. доли расходов на каждый контур от общего расхода питательной воды.

Для данной схемы уравнения материального баланса поведения примесей будут иметь следующий вид.

$$a_1 D_{пв} C_{пв} = D_{п1} C_{п1} + D_{пр1} C_1 \quad (1)$$

$$a_2 D_{пв} C_{пв} = D_{п2} C_{п2} + D_{пр2} C_2 \quad (2)$$

$$a_3 D_{пв} C_{пв} = D_{п3} C_{п3} + D_{пр3} C_3 \quad (3)$$

где $D_{пв}$ – расход питательной воды, $C_{пв}$ – концентрация примеси в питательной воде, D_1, D_2, D_3 , – расход пара из барабана соответствующего контура, C_1, C_2, C_3 – концентрации примеси в паре из барабана соответствующего контура, $D_{пр1}, D_{пр2}, D_{пр3}$, – расход продувки из соответствующего контура, C_1, C_2, C_3 – концентрация примеси в котловой воде соответствующего контура, $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – доля питательной воды направленная в соответствующий контур циркуляции.

Решая данные уравнения материального баланса поведения примесей можно в зависимости от изменения расходов теплоносителя по контурам создать алгоритм и схему дозирования корректирующих реагентов для поддержания водно - химического режима котлов – утилизаторов с трех барабанной схемой.

Литературы.

1. Верховский А.Е., Гаджиев К.Г., Кулов В.Е., Зонов А.А., Пильщиков А.П., Аунг Мью Кхин. Исследование поведения фосфатов при эксплуатации барабанного котла. Новое в Российской электроэнергетике. №1. 2014.

Н.А. Большакова, аспирант; рук. О.В. Егошина, к.т.н, доц. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ТЭС С БЛОКОМ ПГУ КАК
ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ**

В настоящее время на ТЭЦ Российской Федерации с вновь возводимыми парогазовыми установками применяются коррекционные водные режимы либо с дозированием аммиака и щелочи, либо с дозированием реагента на основе полиаминов - хеламина. На большинстве ПГУ находятся в эксплуатации системы автоматического дозирования корректирующих реагентов, работающие в полуавтоматическом или ручном режиме управления, что не позволяет обеспечить качественное ведение коррекционных водных режимов и надежную и эффективную работу оборудования ПГУ.[1].

В данной работе приведены результаты тепло-химических испытаний энергоблока тепловой электрической станции с парогазовой установкой с целью выявления оптимального параметра управления водным режимом в системе автоматического дозирования корректирующих реагентов в стационарном режиме работы энергоблоков.

Во время исследования водного режима при дозировании аммиака на парогазовой установке подтвердилось наличие линейной зависимости общей удельной электропроводимости и рН от содержания аммиака в основном конденсате, что позволяет в качестве основной регулируемой величины применять не только величину рН, но и электропроводимость при разработке систем автоматического дозирования аммиака в основной конденсат.

При использовании водно-химического режима с дозированием хеламина было отмечено, что при допустимых значениях рН котловой воды, установленными регламентом для хеламинного водно-химического режима [2], удельная электрическая проводимость в контуре значительно превышала установленные требования качества воды и пара. Также зависимость значения рН от концентрации реагента имеет линейный характер, но на сегодняшний день дозирование хеламина осуществляется по расходу питательной воды для поддержания постоянной концентрации и значения рН после точки его ввода.

Литература

- 1.Егошина О.В., Воронов В.Н., Назаренко П.Н.** Разработка автоматического регулирования дозирования гидразина в СХТМ // Теплоэнергетика. 2007. № 7. С. 25—27.
- 2.РД 153-34.1-37.534-2002 СО 34.37.534-2002** Временный регламент по коррекционной обработке хеламином теплоносителя котлов давлением 2,4 – 13,8 МПа.

Ратников О.Д. студ.;рук.Е.А. Селиванов, асс. (НИУ «МЭИ»)

ОБЗОР ДАННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ЭРОЗИОННО-КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА В ГРАДИРНЯХ ГЕЛЛЕРА.

Эрозионно-коррозионный износ (ЭКИ) конструкционных материалов затрагивает все элементы оборудования пароводяного тракта. Снижение влияния ЭКИ на работу оборудования увеличивает срок службы и снижает вероятность аварий [1].

Тенденция перехода к ресурсосберегающим технологиям производства в энергетике ведет к поиску путей по сокращению водопотребления. Одним из источников потерь воды на тепловых электрических станциях (ТЭС) в системах оборотного охлаждения является «выпар» градирен [2]. В ряде стран, не обладающих значительными водными ресурсами, применяют «сухие» градирни, так называемые «градирни Геллера». В ряде работ отмечается, что ЭКИ оказывает значительное влияние на работу «сухих» градирен [1, 3].

В настоящее время вопрос влияния ЭКИ на работу градирен Геллера становится еще актуальнее по причине их применения как для блоков ТЭС с мощностью более 300 МВт, так и на строящихся АЭС [4].

В работе приведен обзор данных исследований по влиянию скорости потока, температуры и водно-химического режима на ЭКИ в сухих градирнях. Отмечена возможность использования такого показателя как общее содержание металлов (Fe, Cu) в качестве показателя протекания процессов ЭКИ [5].

Литература

1. **Dooley B., Lister D.** Flow-Accelerated Corrosion in Steam Generating Plants. – 2018.
2. **Стырикович М.А, Мартынова О.И., Миропольский З.Л.** Процессы генерации пара на тепловых электростанциях, М. Энергия, 1969
3. **Guidelines** for Internal Inspection of Air-Cooled Condensers, 2015. Air-Cooled Condensers Users Group, ACC.01. Available at <http://acc-usersgroup.org>.
3. **Sotondeth K., Ngiyen T.H., Forey R.T., Brown B.F.** The Chemical Nature of Aluminium Corrosion. Corrosion 1981, v.37, №7 p. 358-362.
4. **Д. Бергманн** Возможность применения сухих градирен системы Геллера в комбинации с пиковыми испарительными градирнями для охлаждения энергоблоков ЛАЭС-2. Международный Общественный Форум-диалог «Атомная энергия, общество, безопасность 2012» Россия, Санкт-Петербург 5-6 сентября 2012
5. **Technical Guidance Document:** Corrosion Product Sampling and Analysis for Fossil and Combined Cycle Plants, 2014. International Association for the Properties of Water and Steam, IAPWS TGD6-13(2014). Available from <http://www.iapws.org>.

Е.М. Сучкова студ.; рук. О.В. Егошина к.т.н. доц.(НИУ «МЭИ»)
**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНАЛИЗАТОРОВ
 АВТОМАТИЧЕСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В
 СИСТЕМАХ ВОДОПОДГОТОВКИ**

В практике водоподготовки теплоэнергетических объектов известны случаи технологических нарушений, обусловленные микробиологическими процессами, такими как: микробиологическая коррозия, сероводородное заражение воды, вызванное жизнедеятельностью сульфатредуцирующих или нитрифицирующих бактерий. Данные бактерии получают энергию в результате окисления азотосодержащих соединений, используя для этого свободный кислород, растворенный в воде. Нитрифицирующие бактерии разделены на две группы: первая осуществляет окисление солей аммония до нитритов. Вторая – окисление солей азотистой кислоты до нитратов.[1] Данные процессы обуславливают уменьшение концентрации растворенного кислорода, а так же увеличение концентрации растворенного водорода.

В лаборатории кафедры ТОТ НИУ «МЭИ» на установке химико-технологического мониторинга послепростоя водоподготовительной установки, в течение трех месяцев, была проведена экспериментальная работа, в процессе которой были измерены концентрации растворенного водорода и кислорода в двух пробах воды: умягченной и осветленной. Затем для сравнения были произведены измерения в режиме нормальной работы фильтров. Данные измерений представлены в табл. 1. Из результатов измерений видно, что после длительного простоя установки наблюдается одновременно увеличение концентрации растворенного водорода и снижение концентрации растворенного кислорода в пробах, что может говорить о бактериальном заражении водоподготовительной установки при простое в течение трех месяцев.

Таблица 1

Результаты измерений концентраций растворенного кислорода и водорода

Тип пробы	Осветленная вода		Умягченная вода	
	после простоя	норм. экпл.	после простоя	норм. экпл.
растворенный кислород, мг/дм ³	3,23	11,7	3,25	12,3
растворенный водород, мкг/дм ³	22,0	3,8	21,5	3,1

Таким образом, наличие и контроль жизнедеятельности бактерий в водоподготовительных установках может осуществляться с помощью анализаторов растворенного кислорода и водорода.

Литература

1. Таубе П.Р., Баранова А.Г. Химия воды и микробиология. М. Высшая школа 1983 г.

*Е.М. Сучкова, ЭшратКиани, студенты;
рук. А.Е. Верховский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИОНИТОВ А-14ЧС И К-14ЧС

Развитие отечественной атомной энергетики и введение санкций западными странами на поставку оборудования и материалов для нужд отдельных предприятий «Росатома» выявило необходимость развития отечественных технологий, в частности производство отечественных ионообменных смол ядерного класса.

В схемах обработки теплоносителя первого и второго контуров АЭС с ВВЭР, на установках СВО применяют катионит и анионит ядерного класса. В основном это смолы производства зарубежных производителей. Для отказа от импортных смол и наладке производства отечественных ионообменных материалов были проведены исследования по возможности производства новых катионитов и анионитов ядерного класса А-14 и К-14.

Для оценки возможности использования данных смол в условиях радиационного облучения были проведены исследования. Исследования проводились на установке ГУТ-200М (НИЦ «Курчатовский институт»). Источником гамма-излучения являлся радионуклид Со-60.

Иониты при облучении находились в герметичных сосудах под слоем обескислороженной ВВЧ с азотом в газовом объеме сосуда.[1] Поглощенные дозы гамма-излучения составили 10^3 и 10^4 Гр.

По результатам испытаний было выявлено, что при воздействии радиоактивных излучений на иониты возможно протекание следующих реакций: В результате радиационного разложения катионита можно наблюдать уменьшение обменной емкости, обусловленное отщеплением сульфогруппы. А при радиационном разложении анионита возможен процесс дезаминирования, который сопровождается снижением общей обменной емкости, и процесс деградации при котором, наблюдается снижение обменной емкости по сильноосновным группам, при постоянной общей обменной емкости.

Таким образом, при сравнении влияния радиоактивного излучения на обменные емкости ионитов было выявлено, что ионообменные смолы К-14 и А-14 более устойчивы к радиоактивному излучению, чем ионообменные смолы других производителей, и должны применяться в системах СВО вместо импортных смол.

Литература

1. ОСТ В95Р.823–2008 «Вода первого и третьего контуров корабельных ЯЭУ с водо-водяными реакторами». Общие требования и нормы.

*Аунг Ту Ра Тун, асп.; рук. В. Ф. Очков, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

В настоящее время для расчета тепловых схем ТЭС все чаще и чаще стали использоваться математические программы типа Mathcad, Maple и Mathematical. Фактически они идут на замену электронным таблицам и языкам программирования. Этому процессу способствует и то обстоятельство, что последние версии пакетов Maple (www.maplesoft.com) и Mathematical (www.wolfram.com), дооборудованы модулями по свойствам воды и водяного пара, а также и других рабочих тел и теплоносителей энергетики. Использование математических пакетов вместо специализированных программ имеет то неоспоримое преимущество, что расчет в среде матпакетов делает их открытыми для изучения, что очень важно не только для образовательной сферы, но и для научно-технических работников, которым предоставлены удобные возможности расширять и модернизировать расчеты.

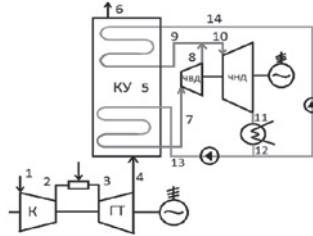


Рис. 1. Двухконтурная парогазовая установка:

Существенным недостатком вышеперечисленных программных продуктов было и остается то, что это все западные продукты, разработчика которых по политическим мотивам (санкции) могут перестать поставлять и поддерживать их в России.

В связи с этим мы поставили перед собой задачу в русле импортозамещения исследовать возможность использования отечественной бесплатной математической программы Smath Studio (<https://smath.info>). Для этого, во-первых, были созданы функции, возвращающие термодинамические свойства воды и водяного пара, а также газов с такими именами *wspHPT*, *wspHGST*, *wspgSGSPT*, *wspgTGSPS*. Эти функции позволили вести теплотехнические расчеты энергоустановок ТЭС. Ниже приводится фрагменты расчета двухконтурной бинарного цикла ТЭС в среде Smath Studio.

Литература

1. **В.Ф. Очкова.** Теплотехнические этюды с Excel, Mathcad и Интернет / Под общ. ред. 2-е издание, исправленное и дополненное. Издательство БХВ-Петербург. 2015. – 336 с. ISBN 978-5-9775-35571.

*А.Ю. Федорова, асп.; рук. Е.Н. Бушуев, д.т.н,доц.
(ИГЭУ, Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ОТ ОТЛОЖЕНИЙ ЭКРАНЫХ ТРУБ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

Серьёзным препятствием повышения надёжности работы котлов являются повреждения экранных труб, вызванные скоростью роста их температуры из-за постепенного накопления в них внутритрубных образований. Поэтому признанными и главными критериями оценки эффективности ВХР парового котла являются критерии состояния внутренних поверхностей его пароводяного тракта. В России при эксплуатационных химических очистках труб этих поверхностей широко используются ингибированная соляная кислота и специализированные моющие кислотные реагенты как зарубежного, так и российского производства.

Выполнено лабораторное исследование моющих свойств ряда реагентов, применяемых при эксплуатационных очистках паровых котлов. По результатам проведенных исследований, учитывая характеристику отложений (равномерные железоксидные отложения и железоксидные отложения с бугорчатыми участками, содержащие медь), можно сделать следующие выводы:

1. Моющий эффект химических реагентов в значительной мере обусловлен диспергированием отложений [1, 2].
2. Скорость очистки труб на начальном и среднем этапах, когда моющему раствору доступны пористые, рыхлые отложения, существенно зависит от текущего значения удельной загрязнённости.
3. Скорость коррозии «чистой» стали (индикаторов коррозии) во всех проверенных растворах более стандартного значения ($0,2 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$). Скорость коррозии её индикаторов пропорциональна кислотности моющего раствора.
4. Рассчитаны «условные» константы скоростей очистки на основании полученных экспериментальных данных. Наибольшие значения констант наблюдаются при очистках от равномерных железоксидных отложений.

Литература

1. **Химические** очистки теплоэнергетического оборудования. Вып. 2 / под ред. Т. Х. Маргуловой. – М.: Энергия, 1978. – 175 с.
2. **Федорова А.Ю.** Исследование моющих свойств кислотных реагентов для эксплуатационных химических очисток барабанных паровых котлов // II Международная научно-техническая конференция «Перспективы развития новых технологий в энергетике России», 26-27 октября 2017. – М.: ОАО «ВТИ», 2017. – С.226–234.

С.М. Прорехин, студ.; рук. О.В. Егошина, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
 ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ
 НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА ПЕЛЬТЬЕ В УСТРОЙСТВАХ
 ПОДГОТОВКИ ПРОБЫ**

В устройствах подготовки пробы существует проблема повышенной температуры пробы. Эта проблема возникает по двум основным причинам: недостаточность расхода охлаждающей воды (понижение расхода) и повышенная температура охлаждающей воды[1]. Целью исследования стояло обоснование выбора термоэлектрических преобразователей применительно к системе подготовки пробы. Были изучены технические и эксплуатационные характеристики элемента Пельтье. Проведен расчет потребления электроэнергии для двух элементов схем УПП, chillера на фреоне-12 и элемента Пельтье, для одной и той же мощности охлаждения. Результаты расчета представлены в табл. 1. Проведен расчет температуры пробы при различных значениях расхода охлаждающей воды. Результаты расчета представлены в табл. 2.

Таблица 1

Потребление электроэнергии для двух элементов схем УПП

Элементсхемы УПП	Потребляемая электроэнергия для мощности охлаждения 80 Вт, Вт
Элемент Пельтье	133.3
Чиллер на фреоне-12	13.1

Таблица 2

Зависимость температуры пробы от расхода охлаждающей воды

Расход охлаждающей воды Q, м ³ /час	2.5	2	1.5
Температура пробы на выходе из УПП t, °C	25	46	68

Сделан вывод о возможности использования элемента Пельтье, главным образом, как инструмента повышения надежности работы систем химического контроля теплоносителя, что так же подтверждается эксплуатацией подобных модулей на современных атомных электростанциях, где надежность работы систем химического контроля играет определяющую роль.

Литература

1. Егошина О.В., Воронов В.Н., Макарищева Н.А., Айе Мин Латт, Рогов А.С. Экспериментальное исследование динамических свойств анализаторов химического контроля// Теплоэнергетика. 2015. №5. С. 63-67.

В.С. Ландык, студ.; рук. О.В. Егошина, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ
 ИЗОКИНЕТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ
 ОТБОРА ПРОБ ВОДЫ И ПАРА**

На ТЭС с парогазовыми установками существует проблема низкого расхода отбираемой пробы в контурах низкого и среднего давления. При отборе проб воды и пара из потока, используется один из нескольких типов зондов для изокINETического отбора проб. Данный тип зондов позволяет осуществлять отбор так, что проба поступает в отверстия зонда с такой скоростью, с которой перемещается основной поток [1]. Целью исследования является исследование возможности разработки изокINETического устройства для отбора проб воды и пара. Исследование заключается в сравнении существующих и рассчитанных диаметров пробоотборного устройства при требуемых расходах пробы через зонд. Были проведены расчеты, в результате которых определена скорость и расход пробы (табл. 1), и определен диаметр пробоотборной трубки для обеспечения требуемого расхода равного 60 кг/ч (табл. 2).

Таблица 1

Результаты расчета скорости и расхода пробы при стандартном диаметре 10x2мм

Параметр	Ед.	Перегретый пар низкого давления	Перегретый пар среднего давления	Перегретый пар высокого давления
Скорость пара	м/с	37.524	50.837	43.242
Расход пробы	кг/ч	7.025	40.486	171.11

Таблица 2

Результаты расчета диаметра для обеспечения требуемого расхода

Параметр	Ед.	Перегретый пар низкого давления	Перегретый пар среднего давления	Перегретый пар высокого давления
Диаметр	мм	18x2	14x2	7x2
Расход пробы	кг/ч	60	60	60

В результате расчетов выявлено, что существующие зонды, устанавливаемые в паропроводах контуров низкого и среднего давления, не обеспечивают требуемый расход пробы равный 60 кг/ч, а зонды, установленные в паропроводах высокого давления, обеспечивают требуемый расход в избыточном количестве.

Литература

1. Отбор пробы – краткий обзор [Электронный ресурс]: пробоотборные зонды. URL: <http://www.ecoinstrument.com.ua/wp-content/uploads/2016/05/Отбор-проб--краткий-обзор.pdf> (дата обращения: 28.10.18)

А.А. Лапина, студ.; рук. А.Б. Ларин, д.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ПАРА ПО ИЗМЕРЕНИЮ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ И pH

Основу современной теплоэнергетики составляют энергоблоки с парогазовыми установками (ПГУ) и прямоточными котлами сверхкритического давления (СКД), в большом количестве представлены на ТЭЦ паровые котлы барабанного типа с давлением 13,8 МПа, с подпиткой обессоленной водой с удельной электропроводностью менее 1 мкСм/см. На промышленных ТЭЦ и в составе теплосиловых цехов промышленных предприятий установлены и работают паровые барабанные котлы с давлением 9,8 МПа и 3,9 МПа, а также котлы-утилизаторы (КУ) разных давлений.

Во всех случаях качество пара, производимого котельными агрегатами, жестко нормируется [1] и должно быть обеспечено при любом качестве добавочной воды и составе оборудования тепловой схемы. В условиях совершенствования приборной базы химического контроля качества воды и пара и оптимизации условий эксплуатации теплоэнергетических установок, возрастает потребность и появляется возможность создания измерительных систем автоматического химконтроля, обеспечивающих контроль основных нормируемых и диагностических показателей качества пара. Такие расчеты реализованы в виде алгоритмов, программ и анализатора примесей конденсата для котлов с давлением более 10 МПа при подпитке глубоко обессоленной водой [2]. В отличие от названных, в паровых котлах с давлением пара 9,8 МПа и 3,9 МПа и котлах-утилизаторах пар в большей мере загрязнен солями и углекислотой, а также содержит аммиак, практически полностью выносимый в пар из котловой воды.

При использовании расчетных алгоритмов, основанных на решении системы уравнений, описывающих ионные равновесия в охлажденных пробах теплоносителя, можно рассчитывать ряд основных нормируемых и диагностических показателей качества пара. В данном докладе представлен алгоритм расчетного определения концентраций натрия, хлоридов, аммиака и углекислоты для охлажденных проб острого пара энергетических котлов с давлением менее 10 МПа. В настоящее время ведется разработка универсального алгоритма.

Литература

1. **СТО 70238424.27.100.013-2009.** Водоподготовительные установки и водно-химический режим ТЭС. Условие создания. Нормы и требования. Стандарт организации. – М.: НП «ИнВЭЛ», 2009. – 93 с.

2. **Патент РФ** на изобретение №2573453. Способ определения pH малобуферных предельно разбавленных растворов типа конденсата / Ларин Б.М., Ларин А.Б., Сорокина А.Я., Киет С.В. Опубл. 20.01.2016. Бюл. №8.

*В.П. Коваленко, студ.; рук. А.А. Пантелеев, д.ф.-м.н., проф.
(НИУ МЭИ)»*

ЭКОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫЕ МАЛОСТОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ВОДОПОДГОТОВКЕ

На сегодняшний день при строительстве и эксплуатации объектов энергетики и промышленности все острее стоит вопрос водоотведения и сброса загрязненных стоков. Ужесточаются законодательные нормы, растут цены как на водозабор, так и на водоотведение, растет социальная ответственность компаний в области экологии[1, 2].

На сегодняшний день самыми распространенными методами очистки сточных вод являются механические (удаление нерастворенных грубодисперсных примесей), химические (нейтрализация кислот и щелочей, озонирование, эл.-химическое озонирование), физико-химические (коагуляция, сорбция, экстракция, выпаривание, флотация, ионный обмен, кристаллизация, даилиз)[2-5]. Однако, приведенные методы по отдельности имеют существенные недостатки – высокую капитальную стоимость, большие эксплуатационные затраты, низкую эффективность.

Целью данной работы является изучение возможности применения комбинированных технологий для минимизации стоков, сокращения потребления реагентов, уменьшения затрат на собственные нужды, **переход** на ZLDи near-ZLD (бессточные и малосточные технологии)[1, 6]. В работе приведен литературный обзор как русскоязычных, так и иностранных источников. Рассмотрена эффективность различных схем и решений, возможность их применения на практике.

Литература

- 1. Пантелеев А. А.** и др. Возможности интегрированных мембранных технологий (ИМТ) для минимизации объема стоков //Энергетика. – 2009. – №. 2. – С. 29.
- 2. Халтурина Т. И.** Очистка сточных вод промышленных предприятий. – 2014.
- 3. Viatcheslav F.** ZeroLiquidDischarge (ZLD). Concept, Evolution and Technology Options. “Zero Liquid Discharge” Workshop, Gandhinagar, 2014
- 4. Oren Y. et al.** Pilot studies on high recovery BWRO-EDR for near zero liquid discharge approach //Desalination. – 2010. – Т. 261. – №. 3. – С. 321-330.
- 5. Loganathan K.,** Chelme-Ayala P., El-Din M. G. Treatment of basal water using a hybrid electrodialysis reversal–reverse osmosis system combined with a low-temperature crystallizer for near-zero liquid discharge //Desalination. – 2015. – Т. 363. – С. 92-98.
- 6. Tong T.,** Elimelech M. The global rise of zero liquid discharge for wastewater management: drivers, technologies, and future directions //Environmental science & technology. – 2016. – Т. 50. – №. 13. – С. 6846-6855.

Ю.А. Сабинская, студ.; рук. Т.И. Петрова, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ НОРМ КАЧЕСТВА ВОДЫ И ПАРА НА ПГУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСНЫХ РЕАГЕНТОВ, СОДЕРЖАЩИХ ПЛЁНКООБРАЗУЮЩИЕ АМИНЫ.

В настоящее время в России отсутствуют единые нормы качества воды и пара котлов-утилизаторов на ТЭС с ПГУ и на каждой ТЭС используются свои нормы. Поэтому вопрос о разработке единых норм имеет большое практическое значение.

Приведён обзор данных по контролируемым и нормируемым показателям качества воды и пара для котлов-утилизаторов на ТЭС с ПГУ. В качестве основных нормируемых показателей предлагается использовать рН, электропроводность, концентрацию железа, меди, натрия и концентрацию аминов [1-4].

В рекомендуемых нормах [1-4] отсутствуют данные по обоснованию значений нормируемых показателей. В связи с тем, что в большинстве комплексных реагентов (Хеламин, Эпурамин, Втиамин) используются ПОА только в нормах, рекомендуемых ВТИ [2,3] указано, что концентрация ПОА в котловой и питательной воде должна быть не менее 2 мг/дм³.

Значение определенной максимальной концентрации ПОА в рекомендуемых нормах ВТИ [2,3] не дано. Поэтому, одна из главных задач при организации водно-химических режимов на ТЭС с ПГУ с использованием комплексообразующих реагентов состоит в разработке единых норм качества воды и пара.

Литература

1. РД 153-34.1-37.534-2002 Временный регламент по коррекционной обработке Хеламином теплоносителя котлов давлением 2,4-13,8 МПа (Хеламинный водно-химический режим).
2. СО ВТИ 34.37.535-2004 Инструкция по коррекционной обработке комплексным реагентом Еригамин (Эпурамин) теплоносителя котлов давлением 2,4-13,8 МПа.
3. СТО ВТИ 37.003-2009 Методические указания по предпусковой водно-химической отмывке и консервации высоко-молекулярными аминами типа хеламин с диспергатором котлов-утилизаторов и трубопроводов блоков парогазовых и отопительных газотурбинных установок ТЭЦ.
4. СТО «Фирма ОРГРЭС» 37-002-2012 Методические указания по коррекционной обработке хеламином теплоносителя котлов давлением 1,4-13,8 МПа (хеламинный водно-химический режим).

*Ю.А. Сабинская, студент; рук. Н.А. Большакова, асс.
(НИУ «МЭИ»)*

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ, РАСХОДА И КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПРОБЫ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНАЛИЗАТОРОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Надежная эксплуатация оборудования ТЭС и АЭС обеспечивается оперативным мониторингом водно-химического режима по показаниям химического контроля качества теплоносителя [1].

Данная работа основана на результатах эксперимента, который состоял из оценки реакции автоматических анализаторов химического контроля (кондуктометра и рН-метра) на внесенные возмущения: изменение расхода пробы (отсутствие пробы), увеличение температуры (с 25 до 40 °С) и изменение качества среды (от 0,07 до 10 мкСм/см).

На установке автоматического дозирования корректирующих реагентов [2] был проведен ряд экспериментов для трех моделируемых режимов работы: без дозирования корректирующих реагентов, при дозировании раствора аммиака, при дозировании раствора хеламина.

При обработке результатов эксперимента были получены графические зависимости реакции анализаторов на внесенные возмущения и рассчитаны динамические характеристики (время запаздывания, полное время установления показаний).

В результате исследования были сделаны выводы, что исследуемые типы возмущений оказывают влияние на динамические характеристики анализаторов химического контроля качества водного теплоносителя при дозировании корректирующих реагентов. Наиболее тяжелым возмущением для рН-метров и кондуктометров является ухудшение качества теплоносителя по удельной электрической проводимости, о чем следует наибольшее время запаздывания и установления показаний. Полученные зависимости можно использовать при совершенствовании или вновь проектируемых системах химико-технологического мониторинга и управления параметрами водно-химического режима.

Литература

1. **Правила** технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. М.: СПО ОРГРЭС, 2003
2. **Воронов В. Н.**, Егошина О. В., Большакова Н. А., Яровой В. О., Аие Мин Латт. Влияние нарушений водного режима на динамику систем дозирования корректирующих реагентов на тепловых электростанциях. «Теплоэнергетика» М.: МЭИ № 12, 2016. с. 75–80

*Н.С. Соколов, студ.; рук. Ю. А. Морыганова, к.х.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБМЕННОЙ ЕМКОСТИ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ

В практике современной водоподготовки на тепловых электрических станциях (ТЭС) широко применяются ионообменные технологии. Для количественной оценки ионообменных и сорбционных свойств ионообменных смол применяют величину обменной емкости [1].

В данной работе приведена сравнительная характеристика методов определения обменной емкости катионообменных смол по двум стандартам: отечественный ГОСТ для определения динамической обменной емкости [2] и зарубежный стандарт американской международной организации ASTM International [3].

Стандарт разработанный организацией ASTM International предлагает дифференцированный подход к определению количества функциональных групп непосредственно задействованных в ионном обмене. В отличие от отечественного стандарта, в зарубежном стандарте предлагается рассчитать среднее значение емкостей смол с учетом и без учета влаги содержащейся в ионите, а также с учетом операций взрыхления и осаждения ионита. Методика проведения испытаний, описанная в данном стандарте, позволяет оценивать емкость, как новых смол, так и проб смол взятых с работающих установок.

Следовательно, можно сделать следующий вывод: при оценке загрязнения ионитов различными примесями воды, применение методики ASTM International позволяет наиболее полно оценить степень загрязнения по изменению значений обменных емкостей до и после загрязнения смолы. Это означает, что применение стандарта ASTM позволяет определять как полную, так и динамическую обменную емкость.

Литература

1. **Рябчиков Б.Е.** Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования - М.: ДеЛи принт, 2004. - 328 стр.
2. **ГОСТ 20255.2-89** Иониты. Методы определения динамической обменной емкости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_20255.2-89 (дата обращения: 03.12.2018).
3. **ASTM D2187 - 94(2009)** Standard Test Methods for Physical and Chemical Properties of Particulate Ion-Exchange Resins [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D2187-94R09.htm> (дата обращения: 03.12.2018).

*Ю. В. Симонов, студ.; рук. Ю. А. Морыганова, к. х. н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СОРБЕНТОВ ОТНОСИТЕЛЬНО НЕФТЯНЫХ И ОГНЕСТОЙКИХ ТУРБИННЫХ МАСЕЛ

Огнестойкие турбинные масла, как и нефтяные, подвержены процессам старения. Со временем это приводит к ухудшению эксплуатационных качеств масел. Их проверяют с определенной периодичностью и сверяют с нормами, предъявляемыми к данным маслам. По достижении предельных значений качества масло считается отработанным и требуется в замене на свежее или в регенерации [1].

В работе проведены исследования свойств различных сорбентов (силикагелей КСКГ и КСМГ и алюмосиликатного сорбента АС-230Ш) относительно нефтяного (Тп-22С Марка 2) и огнестойких (Furquel L и ОМТИ Reolube) турбинных масел [2].

У данных турбинных масел как до, так и после их контактной обработки сорбентами, определены следующие показатели качества: кислотное число, рН водной вытяжки, содержание воды в масле, время деэмульсации и содержание механических примесей.

Крупнопористый силикагель (КСКГ) продемонстрировал наилучшие показатели по восстановлению нефтяного турбинного масла, выступавшего эталоном. Все показатели, кроме содержания механических примесей, удовлетворяют нормам для повторного использования.

Мелкопористый силикагель (КСМГ) продемонстрировал себя наилучшим образом при регенерации огнестойкого масла «ОМТИ Reolube». Наблюдается заметное снижение кислотного числа с 6,5 до 1,465 мгКОН/г, но недостаточного для повторного использования масла.

Алюмосиликатный сорбент лучше всего смог восстановить огнестойкое масло «Furquel L». Все показатели, кроме содержания механических примесей, удовлетворяют нормам для повторного использования масла. Кислотное число снизилось с 1,1 до 0,15 мгКОН/г.

Исходя из проделанных опытов, сделано заключение, что сорбенты проявляют свои свойства к определенным в работе показателям качества по-разному для каждой марки масла.

Литература

- 1. Фитч Дж., Тройер Д.** Анализ масел. Основы и применение / Пер. с англ. 2-го изд.; СПб.: ЦОП «Профессия», 2015. – 176с.
- 2. Шуварин Д.В.** Новые технологии очистки и регенерации энергетических масел. М.: Московский учебный центр ЕЭС, 2015. – С. 49-57

А.Р. Расторопина, студ.; рук. Т.И. Петрова, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ РЕАГЕНТОВ НА ОБРАЗОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПЛЁНОК НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ.

Для снижения скорости коррозии конструкционных материалов на тепловых электростанциях для коррекции качества пара и воды используются комплексные реагенты [1], содержащие несколько компонентов. В качестве одного из компонентов применяются плёнкообразующие амины, в частности, октадециламин (ОДА). Важной характеристикой при использовании комплексных реагентов является удельная сорбция плёнкообразующих аминов, содержащихся в этих реагентах [2].

В работе приведён обзор литературных данных о влиянии рН и температуры на удельную сорбцию ОДА на поверхности сталей. На рисунке 1 представлены данные о влиянии рН на удельную сорбцию ОДА на поверхности сталей.

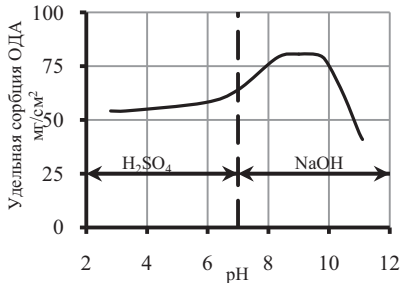


Рис.1 Влияние рН на удельную сорбцию ОДА
($C_{\text{ода}} 10 \text{ мг/дм}^3$)

Установлено, что удельная сорбция ОДА на поверхности сталей уменьшается с повышением температуры и зависит от среды (вода, водяной пар), ОДА влияет на распределение примесей в оксидном слое [3].

Эти данные относятся только к монорастворам ОДА. Данные, относящиеся к комплексным реагентам, отсутствуют.

Литература

1. **Воронов В. Н., Петрова Т. И.** Водно-химические режимы ТЭС и АЭС //М.: Издательский дом МЭИ. – 2009.
2. **Филиппов Г.А., Салтанов Г.А., Кукушкин А.Н.** Гидродинамика и теплообмен в присутствии ПАВ. Энергоатомиздат, 1988.
3. **Petrova T.** Use of ODA at Russian Power Plants. Power Plant Chemistry №2, V19. P.68-74

Т.Е.Мотузко, студ.; рук. Ю.А.Морыганова, к.х.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АМИНОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ В СМЕСИ

При ведении водно-химического режима ТЭС с применением аминов, возникают трудности с определением состава компонентов смеси. Данное исследование проводилось с целью выявления влияния пленкообразующего и нейтрализующих аминов на их определение в смеси с индикатором Бенгальским розовым. Для этого строились калибровочные зависимости (рис.1) с помощью методики определения содержания полиаминов фотоколориметрическим методом с индикатором «Бенгальский розовый» [1]. В качестве анализируемых веществ рассмотрены следующие соединения:

- нейтрализующие амины, циклогексиламин, моноэтаноламин (МЭА), диметилэтаноламин (ДМЭА);
- пленкообразующий амин ДиламидК (МИДК).

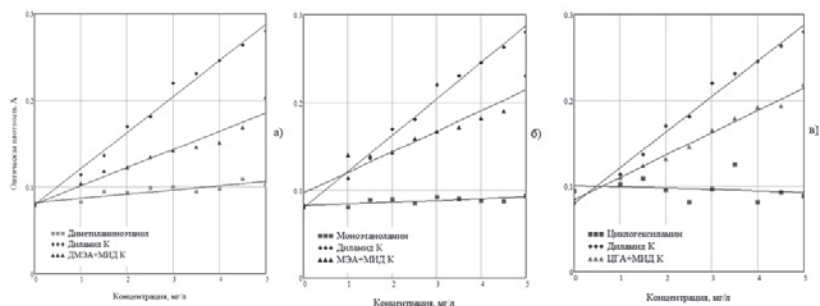


Рис. 1 – Калибровочные зависимости для веществ и их смесей:

а) – ДМЭА, ДиламидК; б) – МЭА, ДиламидК; в) – циклогексиламин, ДиламидК

Анализ результатов выполненного исследования позволяет сделать следующие выводы:

- Пленкообразующий амин Диламид К лучше взаимодействует с индикатором Бенгальским розовым по сравнению с нейтрализующими аминами.
- Диметилэтаноламин и моноэтаноламин оказывают влияние на определение пленкообразующего амина МИДК.

Литература

1. СТО ВТИ 37.004-2013 Методика определения массовой концентрации полиаминов в производственных водах тепловых электростанций фотоколориметрическим методом

А.А.Масленков,асп.; рук. В.И. Кормилицын, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПОТЕНЦИОМЕТРИИ
ВОДНООРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ ПРИ АНАЛИЗЕ
ТОПЛИВНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

Разведанные до настоящего времени запасы органического топлива стремительно истощаются, а темпы развития новых месторождений сокращаются в связи с повышением энергоёмкости и трудозатрат на разведку, разработку и добычу. Учитывая данные обстоятельства возникает необходимость совершенствования технологий топливподготовки, в том числе за счет использования топливных композиций, подготовленных на основе как традиционных, так и альтернативных компонентов.

При создании топливных композиций применяются исходные компоненты, содержащие в своем составе различные элементы и характеризующиеся рядом показателей (например, водородный показатель рНи окислительно-восстановительный потенциал Eh-), от количественных значений которых зависят физико-химические свойства и теплоэнергетические характеристики топлив[1].

В связи с этим является целесообразным проведение количественного и качественного анализа состава проб топливных композиций и их исходных компонентов с использованием метода потенциометрии водноорганических растворов. Принцип метода заключается в измерении потенциалов в растворе с использованием различных ионоселективных сенсоров.

В работе представлены результаты сравнительного анализа состава проб мелассы свекловичной до и после кавитационной обработки. Установлено, что кавитационная обработка раскрыла минеральный состав по ионам Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , F-, Cl-, I-, повысила рН с 8 до 9, а окислительно-восстановительный потенциал (Eh) снизился с +90 до -48 мV[2].

Метод потенциометрии водных и водноорганических растворов дает возможность прямого и селективного определения различных элементов и разных ионных форм одного и того же элемента, что может иметь важное значение для определения состава топливных композиций и их компонентов, а также анализа влияния разных видов воздействия на них.

Литература

1. **Кормилицын В.И., Житков А.Н., Масленков А.А.** Методические основы постановки эксперимента при создании альтернативных углеводородных топлив // Энергосбережение и водоподготовка. 2018. № 5.
2. **Кормилицын В.И., Масленков А.А.** Методика определения состава и характеристик компонентов альтернативного топлива при кавитационном воздействии // Сборник тезисов международной конференции «Машины, технологии и материалы для современного машиностроения», 21-22 ноября 2018 г. М: ИМАШ РАН. 2018.

*М.Э.Колодяжная, студ.; Н.А.Ерёмина, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г.Иваново)*

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВПУ БЛОКА 1200 МВт КГРЭС

Традиционная технология полного или частичного обессоливания воды, работающая на базе прямооточных ионитных фильтров, является одной из самых распространенных на ТЭС. Такая установка имеет ряд недостатков, а именно, невысокое качество очищенной воды и большой расход реагентов на регенерацию. Одним из основных путей совершенствования технологии традиционного химического обессоливания является применение противоточных технологий ионного обмена. Такие технологии позволяют повысить эффективность использования ионитов, сократить число ступеней обработки, а, следовательно, и количество используемого оборудования; снизить расход реагентов на регенерацию, что в свою очередь, ведёт к снижению расходов воды на собственные нужды и объема стоков [1].

В данной НИР рассматривается модернизация обессоливающей установки блока 1200 МВт Костромской ГРЭС путем замены прямооточного ионирования на противоточное для улучшения технологических и экологических показателей ВПУ.

В качестве противоточных технологий предлагаются: двухступенчатая схема на базе противоточных фильтров, работающих по технологии АПКОР (UPCORE); одноступенчатая схема на базе противоточных фильтров, работающих по технологии UPCORE с дообессоливанием на прямооточных фильтрах Н-ОН; схема на базе противоточных фильтров, работающих по технологии Швебебет (Schwebebett) с дообессоливанием на ФСД. В качестве загрузки предлагалось использовать импортные и отечественные иониты.

Практическая значимость проведенной НИР состоит в том, что по результатам вариантных технологических расчетов [2] наиболее рациональной по экологическим и технологическим показателям для модернизации существующей ВПУ КГРЭС является противоточная схема с дообессоливанием на прямооточных фильтрах Н-ОН, т.к. при ее реализации предполагается частичное использование уже имеющегося на ВПУ оборудования.

Литература

1. **Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф.** Водоподготовка в энергетике. М.: МЭИ, 2016.
2. **Бушуев Е.Н., Опарин М.Ю.** Малоотходные технологии водоподготовки на ТЭС. Иваново: ИГЭУ, 2010.

С.А.Луговской, студ.; рук. А.Л.Суздалева, д.б.н. (НИУ «МЭИ»)
**ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ
НА ЭКОСИСТЕМУ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ**

Водоемы-охладители являются природно-техногенными объектами и, одновременно, элементами природно-технических систем, регулятором которых выступает атомная электростанция (АЭС). По гидрологической структуре водоемы-охладители представляют собой тип водоемов, не имеющих аналогов в природной среде. Водная масса, формирующаяся на сбросе АЭС и образующая циркуляционное течение, постоянно находится в движении, обеспечивая дрейф планктона, высокую турбулентность и хорошую аэрацию вод. Объем этой водной массы сопоставим со стоком крупных рек.

Состав вод, проходящих через агрегаты АЭС, формируется под воздействием[1]:

- попадания загрязняющих веществ;
- изменений, вызванных повышением температуры (накипеобразование, сдвиг карбонатно-кальциевого равновесия);
- значительных колебаний в содержании органических веществ (либо из-за развития перифитона, либо из-за массового отмирание водных организмов);
- высокой скорости процессов окисления.

Изменения в составе планктона, возникающие при прохождении через агрегаты АЭС, обусловлены не только травмированием и гибелью одних организмов, но и интенсивным развитием других [2]. Может наблюдаться:изменение продукции фитопланктона;гибель зоопланктона;биотехнопульверизация (интенсивное развитие бактериопланктона и перифитона).

Таким образом, состав водных организмов водоемов-охладителей не является одним из показателей внутриводоемных процессов, а отражает сложный характер взаимодействий в природно-технической системе «АЭС - окружающая среда». Поэтому предлагается новая система оценки воздействия АЭС, т.к. существующие оценки, разработанные для поверхностных водоемов, здесь имеют ограниченное применение.

Литература

1. Суздалева А.Л., Попов А.В., Кучкина М.А., Фомин Д.В., Минин Д.В. Изменение химического состава воды и планктона при прохождении через систему технического водоснабжения АЭС // Безопасность энергетических сооружений. Сб. научн. тр. М.: Изд. НИИЭС, 2007. Вып. 16. С. 201-215.

2. Суздалева А.Л. Воздействие сброса вод из промышленных систем охлаждения АЭС на планктон водоемов // Инженерная экология. 2001.№4. С.51-57.

Секция 46

СХЕМЫ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Руководитель секции: Дудолин Алексей Анатольевич

Секретарь секции: Крашенинников Сергей Михайлович

Батсамбуу У., асп.; рук. А.А. Дудолин, к.т.н., доц.; рук. И.А. Бураков, к.т.н., доц. (НИУ, «МЭИ»)

СОЗДАНИЕ ПГУ С ВЦГ ДЛЯ УСЛОВИЙ МОНГОЛИИ

На сегодняшний день применение парогазовой технологии является оптимальным решением для энергетики. За счет повторного использования энергии сгорания газа, электрический КПД ПГУ существенно выше традиционных паросиловых блоков [1]. Внедрение парогазовых технологий в энергетике Монголии позволяет решить ряд ключевых проблем, а также перейти на новый уровень развития экономики страны. Однако для работы ПГУ необходимо газое топливо, запасы которого ограничены в Монголии. Основным энергетическим топливом является уголь, общегеологические запасы которого оцениваются в 150 млрд.т [2]. Технология внутрицикловой газификации (ВЦГ) угля, позволит решить проблему использования в качестве топлива угля синтезированных в газ на ПГУ.

Для обеспечения широкого применения ПГУ с ВЦГ на территории Монголии требуется использовать методы переработки твёрдого топлива в газое. Одним из таких методов является газификация. Самыми популярными методами газификации являются методы поточного типа такие как, Texaco, Shell, E-Gas, МНН (Mitsubishi Heavy Industries) [3]. Актуальным вопросом является проведение сравнительного анализа энергетических характеристик блока ПГУ с ВЦГ для условий Монголии, при применении пречисленных выше технологий в зависимости от типа исходного топлива. В качестве перерабатываемого исходного продукта были взяты - уголь месторождения Багануур и Шивээ-Овоо, которые являются стратегическими угольными месторождениями Монголии. В работе создана расчётная модель ПГУ с ВЦГ в программном пакете Thermoflex разработки компании Thermoflow Inc. Сравнение показателей тепловой экономичности блока ПГУ с ВЦГ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Энергетические показатели блока ПГУ с ВЦГ для условий Монголии

Показатели	Багануур				Шивээ-Овоо			
	Texaco	Shell	E-Gas	МНН	Texaco	Shell	E-Gas	МНН
N _e , МВт	139,3	135,7	133,6	133,5	148,5	143,2	137,5	138,5
η _e , %	44,87	46,73	45,73	49,08	41,66	44,11	42,96	47,77
b _e , г/кВт·ч	273,6	262,7	268,5	250,2	294,7	278,3	285,8	257

По результатам проведенных расчетов ПГУ с ВЦГ, работающий на Багануурском и Шивээ-Овооском угле, показывает рост электрического КПД на 5-8%, по сравнению с традиционными паросиловыми блоками ТЭС.

Литература

1. **Б.С. Белосельский** Технология топлива и энергетических масел: Учебник для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2005 – 348 с.: ил.
2. **А.А. Дудолин, Батсамбуу У.** Проблемы и перспективы технического перевооружения электростанций Монголии // Теоретический научно-практический журнал «Вестник МЭИ». Москва. – 2018. – № 1. - С. 16-21.
3. **С.Д. Федорович, И.А. Бураков, А.А. Дудолин.** Оптические спектры продуктов газификации углей в ВЧИ- плазматроне// Современные проблемы теплофизики и энергетики конф., - Москва, 9-11 окт.,2017г.

К.Н. Бубнов, студ.; рук. Г.Г. Орлов, к.т.н., проф. (ИГЭУ, Иванов)

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЭЦ С ТУРБИНОЙ ПТ-60-130/13 НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРОВИНТОВОЙ МАШИНЫ

ТЭЦ, отпускающие потребителю тепло в виде горячей воды, использует для ее нагрева, как правило, два сетевых подогревателя: верхний (ВСП) и нижний (НСП), а также пиковый водогрейный котел (ПВК). Однако существуют ТЭЦ, на которых установлен один сетевой подогреватель и ПВК, например турбоустановка ПТ-60-130/13. Для повышения эффективности схем ТЭЦ с такими турбинами в схеме теплосети устанавливают второй подогреватель, питаемый паром через РОУ от промышленного отбора турбины, а ПВК отключают. Чтобы устранить недостаток РОУ – дросселирование пара без производства энергии, мы предлагаем установить вместо РОУ паровинтовую машину (ПВМ).

В ходе данной работы нами был произведен расчет трех схем по отпуску тепла в виде горячей воды от турбоустановки ПТ-60-130/13:

1. НСП+ПВК; 2. НСП+(ВСП+РОУ); 3. НСП+(ВСП+ПВМ).

Анализ показал, что наибольшей экономичностью обладает схема с ПВМ (см. рис.1), позволяющая дополнительно получить порядка 5100тыс. кВтч электроэнергии в год, кроме того она оказывается также экономичной и по общему расходу топлива на котлоагрегат с турбоустановкой ПТ-60-130/13.

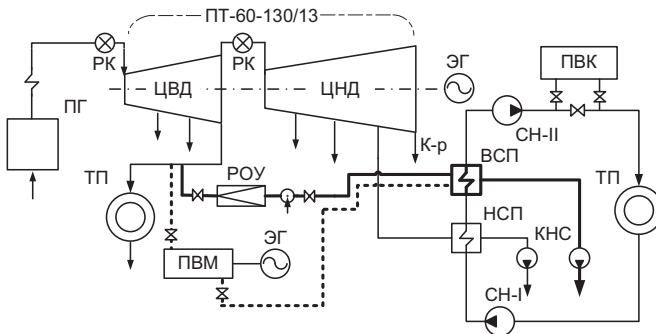


Рис. 1.Схема отпуски тепла от турбоустановки ПТ-60-130/13: ПГ - парогенератор; ЦВД и ЦНД – цилиндр высокого и низкого давления; ЭГ – электродвигатель; РК – регулирующий клапан; ТП – тепловой потребитель; РОУ – редукционно-охлаждающее устройство; ВСП и НСП – верхний и нижний сетевой подогреватель; ПВМ – паровинтовая машина; СН-I и СН-II – сетевой насос первого и второго подъема; КНС – конденсатный насос сетевых подогревателей.

*В.Н. Калистратов, студ.; рук. Г.Г. Орлов, к.т.н., проф.
(ИГЭУ, Иваново)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ТЭС С ПАРОВОЙ ПОДСУШКОЙ БУРЫХ УГЛЕЙ

По добыче угля (370 млн. т/год) Россия занимает пятое место в мире. Доля угля в топливно-энергетическом балансе страны равна 27 %, а к 2030 году, согласно стратегических планов, она составит 32÷38 %.

С целью повышения экономичности ТЭС, сжигающих низкосортные бурые угли с влажностью $W^p = 30\div39\%$ и теплотворной способностью $Q_{н}^p = 11,7\div13$ МДж/кг, осуществляют подсушку такого топлива в паровых сушилках перед его сжиганием [1], при этом W^p снижается до 12÷14%, а $Q_{н}^p$ повышается до 20÷22 МДж/кг, что позволяет улучшить сыпучесть угля, облегчить его хранение и транспорт, а котельный агрегат выполнить более компактным. Температура пара, отбираемого к паровым сушилкам из отбора турбины, не должна превышать 170 °С, поэтому этот пар обычно охлаждают впрыском воды [1].

Нами предлагается реализовать более рациональную схему охлаждения пара для сушилок, пропуская пар через вынесенный пароохладитель (ПО) системы регенерации турбины. В предлагаемом ПО сьем теплоты перегрева пара осуществляется за счет нагрева части потока питательной воды, забираемой после питательного насоса. Отбираемый на ПО поток воды не будет проходить через подогреватели высокого давления (ПВД), что позволяет получить прирост мощности.

Эффективность установки ПО была оценена по методу коэффициентов изменения мощности [2]. Экономия топлива на блок с турбиной К-500-240 составила $\Delta B_1 = 7567,8$ т у.т./г, но при этом возросла температура питательной воды на входе в котел на $\Delta t_{нв} = 6,6$ °С, что приводит к увеличению потерь тепла с уходящими газами, а как следствие к снижению КПД котла и пережогу топлива на ТЭС в количестве $\Delta B_2 = 823,7$ т у.т./г. Действительная экономия топлива от установки ПО для пара, отбираемого на сушку топлива и в схему регенерации турбоустановки, составила $\Delta B = \Delta B_1 - \Delta B_2 = 6744,1$ т у.т./г.

Литература

1. Михайлов Н.М. «Вопросы сушки топлива на электростанциях» / Н.М. Михайлов. – М. – Л.: Госэнергоиздат. 1957. – 152 с.
2. Рубинштейн Я.М. «Исследование реальных тепловых схем ТЭС и АЭС» / Я.М. Рубинштейн, М.И. Щепетильников. – М.: Энергоиздат. 1982. – 272 с.

*А.Д. Угрюмов, студ.; рук. Г.В. Ледуховский, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, Иваново)*

ТЕХНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЭЦ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ВАРИАНТОВ ЕЁ РАСШИРЕНИЯ

Важнейшим этапом разработки технико-экономических обоснований проектов расширения или реконструкции ТЭС является определение удельных и абсолютных расходов топлива на отпуск электрической и тепловой энергии. В настоящей работе рассматривается промышленная ТЭЦ с начальным давлением пара перед турбоагрегатами 32 ата. Задача состоит в выборе варианта расширения ТЭЦ в связи с планируемым увеличением производительности основного производства комбината, в составе которого работает данная электростанция.

Для проведения расчетов разработана техническая модель ТЭЦ, объединяющая подмодели турбоагрегатов, энергетических и пиковых водогрейных котлов, а также механизмов, установок и аппаратов тепловых и электрических собственных нужд. Основой модели являются энергетические характеристики оборудования. Особенностью модели является то, что она позволяет учитывать фактически достигнутые показатели тепловой экономичности и поэтому при отсутствии изменений нагрузок и состава работающего оборудования возвращает показатели его работы в базовом периоде. Алгоритм обеспечивает итерационное сведение баланса отпуска тепловой энергии из отборов турбоагрегатов, баланса выработки тепловой энергии брутто котлами, а также баланса затрат электроэнергии на собственные нужды. Модель представлена в виде файла MS Excel и полностью автоматизирована. Энергетические характеристики оборудования подключены к алгоритму после их оцифровки.

С использованием модели определены технико-экономические показатели ТЭЦ при рассматриваемых вариантах расширения:

Результаты расчета удельных расходов топлива

Режим	Значение удельного расхода условного топлива на отпуск электроэнергии, г у.т./((кВт·ч) / тепловой энергии, кг у.т./ГДж, по вариантам			
	Инерционный (без изменения состава оборудования)	Ввод водогрейного котла и перераспределение паровых нагрузок	Ввод парового котла	Ввод парового котла и турбины типа ПТ
Летний	641,3 / 137,9	641,3 / 137,9	637,1 / 137,1	585,4 / 143,6
Зимний	608,4 / 132,6	620,5 / 144,9	599,9 / 133,5	558,9 / 141,7

Полученные данные будут использованы для экономического обоснования окончательного варианта расширения ТЭЦ.

*Е.А. Мартынов, студент; рук. Д.В. Сиденков к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ПРИМЕНЕНИЕ ε -NTU МЕТОДА ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ТЕПЛОИЗОЛИРОВАННОГО ТРУБОПРОВОДА

Для обеспечения температурного режима трубопроводов, перекачивающих подогретый продукт, применяются теплоизоляционные материалы. В настоящее время все шире применяется метод заводского изготовления участков теплоизолированных трубопроводов с последующим монтажом по месту, в этой связи задачи расчета тепловых потерь и оптимального распределения тепловой изоляции по длине трубопровода актуальны для реализации технологического процесса промышленных и бытовых объектов. В работе представлена математическая и компьютерная модель для расчета температурного режима системы теплоизолированных трубопроводов надземной и (или) подземной прокладки с помощью ε -NTU метода. В наиболее общей постановке для трубной системы учтены: наличие n -участков трубопроводов, отличающихся способом прокладки и характером теплообмена с окружающей средой; наличие участков различного диаметра, имеющих разную пропускную способность; возможность применения нескольких слоев теплоизоляции из различных теплоизоляционных материалов; возможность учета ограничений по суммарным тепловым потерям, объемам теплоизоляционных материалов, \min и \max толщине нанесения тепловой изоляции, ее стоимостным показателям. Аналитическое решение предложено для расчета тепловых потерь трубной системы при постоянной теплоемкости массового расхода теплоносителя и температуре окружающей среды, и отличающихся по участкам граничными условиями и термическим сопротивлением тепловой изоляции:

$$Q = \varepsilon * Q_{MAX}, \text{ где } \varepsilon = 1 - e^{-NTU} \quad (1)$$

$$NTU = B * \sum_{i=1}^n (k_i * L_i) \quad (2)$$

Математическая модель (1-2) применена для решения ряда задач оптимального распределения тепловой изоляции по длине трубопровода. Дополнительная верификация модели проведена с помощью созданного на кафедре ТОГ экспериментального теплоизолированного трубопровода с кабельной системой электрообогрева [1].

Литература

1. Деев Р., Сиденков Д.В., Расчетно-экспериментальное исследование теплообмена в трубопроводе, оборудованном кабельной системой электрообогрева. // В сб. тез. докл. III Всерос. Конф. «Теплофизика и физическая гидродинамика», Ялта, 10-18.09.2018, стр.233.

*Л.А. Погосов асп.; рук. В.Д. Буров, к.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ МАЛЫХ ГТУ-ТЭЦ

При проектировании любого объекта генерации электрической и тепловой энергии необходимо применять технические решения для обеспечения надёжности оборудования на требуемом уровне. В настоящее время газовые турбины находят широкое применение в энергетике, в том числе как основа малых газотурбинных ТЭЦ.

Однако, при реализации подобных проектов возникает множество технических трудностей. Одной из них является требование к поддержанию температуры воды на входе в котёл-утилизатор (КУ) не ниже 55 °С, для предотвращения низкотемпературной коррозии поверхностей нагрева. Применение рециркуляции горячей воды после газового сетевого подогревателя (ГСП) в линию на входе в ГСП в неотапливаемый сезон приводит к увеличению расхода вода через ГСП в два раза, что может негативно сказываться на гидравлическом режиме работы обогреваемых труб.

Для решения поставленной задачи была разработана тепловая схема на базе ГТУ Siemens SGT-400 с применение контура с газо-водяным теплообменником (ГВТО) для поддержания минимально допустимой температуры воды на входе в КУ (рис.1). При температуре обратной сетевой воды ниже 55 °С насосом рециркуляции (НРц) вода на выходе из газового сетевого подогревателя (ГСП) направляется в ГВТО для дополнительного подогрева, после чего смешивается с обратной сетевой водой. При температуре обратной сетевой воды выше 55 °С вода после ГВТО смешивается с водой на выходе из ГСП, таким образом ГВТО работает в режиме дополнительной поверхности нагрева.

По результатам расчёта описанной тепловой схемы было подтверждено, что организация рециркуляции воды с подогревом в ГВТО позволяет обеспечить допустимые температуры сетевой воды на входе в ГСП. При этом снижается расход воды рециркуляции по сравнению с классической схемой, где рециркулируется вода после ГСП, что приводит к более стабильному гидравлическому режиму.

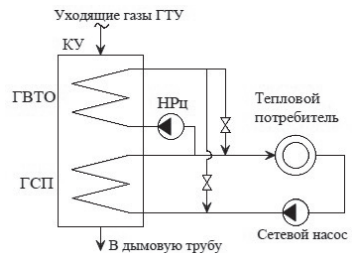


Рис. 1. Утилизационный контур с ГВТО.

*А.Д. Скурихина студ.; рук. Д.В. Чугунков, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВРЕЖДЕННЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ ТРУБКИ

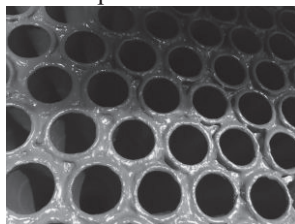
Проблема разрушения поверхностей нагрева теплообменного оборудования при длительной эксплуатации связана с коррозией теплообменных трубок, приводящая к появлению сквозных свищей и нарушению гидравлической плотности трубных систем различных подогревателей.

Одним из решений проблемы является замена трубок подогревателя, что является дорогостоящим мероприятием. Альтернативой замене трубных систем может быть восстановление трубок путём нанесения защитных и восстановительных материалов на их внутреннюю поверхность.

В настоящей работе представлены результаты нанесения защитного противокоррозионного покрытия на внутреннюю поверхность теплообменных трубок подогревателя сетевой воды ПСГ-5000 Хабаровской ТЭЦ-3 (ХТЭЦ-3), полученные в рамках НИОКР при участии авторов.

Предложенный технологический процесс нанесения разработанного полимерного теплопроводного материала [1] включает следующие этапы:

- Подготовка внутренней поверхности теплообменных трубок. На данном этапе проводится последовательно химическая промывка трубок и пескоструйная очистка трубок и трубных досок.
- Приготовление рабочего состава разработанного покрытия на основе эпоксидных смол, которое является двухкомпонентной системой, состоящей из модифицированной эпоксидной основы и отвердителя аминного типа.
- Нанесение слоя полимерного материала на внутреннюю поверхность трубок с помощью разработанной установки методом однопроходного шпаклевания с применением эластичного шнека.
- Сушка и отверждение покрытия.



**Рис.1. Трубная доска ПСГ-5000
с нанесенным защитным
покрытием**

В ходе выполнения работы было произведено нанесение защитного противокоррозионного покрытия на внутреннюю поверхность теплообменных трубок и трубные доски ПСГ-5000 ХТЭЦ-3 (рис.1).

Литература

- 1. Чугунков Д.В.** Исследование теплопроводности защитных материалов теплообменных трубок сетевых подогревателей/Д.В. Чугунков, Ю.А. Кузма-Кучта, Г.А. Сейфельмлюкова, А.В. Лавриков, А.Д. Скурихина//Теплофизика и физическая гидродинамика. – 2018. – с. 209.

Секция 47
КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ
И УПРАВЛЕНИЕ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Руководитель секции: Мезин Сергей Витальевич

Секретарь секции: Фараонов Георгий Викторович

Д.С. Калачев, асп.; рук. С.В. Мезин, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ», Москва)
**МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА НА БАЗЕ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ SPPA-T3000**

Программно-технический комплекс SPPA-T3000 (SIEMENS) предназначен для выполнения любых задач в области автоматизации электростанций, таких как: управление турбиной, управление котлом и его защита, управление вспомогательным оборудованием и комплексная интеграция.

В настоящем докладе рассматривается модернизация лабораторного стенда лаборатории кафедры АСУ ТП НИУ «МЭИ» на базе ПТК SPPA-T3000. Основой стенда является микропроцессорный контроллер Simatic S7-400 и станция удаленного ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов Simatic ET200M, объединенные сетью Profibus DP. Организована локальная сеть Ethernet, состоящая из шлюза контроллера, промышленного коммутатора, системного сервера и десять рабочих станций на базе ПК. До настоящего момента лабораторные работы на стенде производились с использованием не только виртуальной модели технологического процесса, но и виртуальной имитации входных и выходных сигналов, так как отсутствовало подключение ввода/вывода к Simatic ET200M.

В настоящей работе рассматривались следующие задачи:

- дооснащение существующего стенда аппаратурой дискретного и аналогового ввода/вывода (датчики, устройства визуализации аналоговых сигналов, переключатели и лампы) с её размещением на графической мнемосхеме на двери основного шкафа управления;

- разработка методического пособия для создания прикладного ПО контроллера и графических интерфейсов пользователя, выполнения экспериментальных работ по сравнению характеристик регулирования различных регуляторов на заданной модели объекта.

В процессе технической модернизации установлены и введены в эксплуатацию два датчика положения клапанов 0...10 В, три устройства визуализации аналоговых сигналов положения клапанов и уровня 0...10 В, четыре переключателя «сухой контакт» ручного и автоматического управления, восемь ламп 24 В DC индикации состояния исполнительных механизмов и контрольных значений уровня. Вся аппаратура установлена на графической мнемосхеме 600x340 мм, выполненной на ПВХ подложке.

В рамках методического обеспечения лаборатории подготовлено методическое пособие по лабораторной работе «Регулирование уровня жидкости в расходном резервуаре», которое может быть использовано при подготовке студентов по курсам «Технические средства автоматизации» и «Автоматизированные системы управления технологическими процессами».

В.А. Родионова, студент; рук. Г.А. Пикина, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

АЛГОРИТМ МАКСИМАЛЬНОГО БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА БЕЗ САМОВЫРАВНИВАНИЯ

Одним из наиболее привлекательных оптимальных алгоритмов управления является алгоритм максимального быстродействия. При детерминированных воздействиях он обеспечивает минимальное время переходного процесса, а при случайных – довольно малое значение дисперсии. Однако сложность аналитического решения вынуждает разработчиков такого алгоритма ограничиваться выбором моделей управляемого процесса не выше второго порядка [3]. Аналитическое решение для динамической системы третьего порядка приведено в [1].

В отличие от [1] здесь поставлена задача оптимального по времени управления объекта без самовыравнивания с исполнительным механизмом постоянной скорости. Передаточная функция эквивалентного объекта

$$W_{\text{экр}}(p) = \frac{K}{T_{\text{им}} p \cdot T_1 p \cdot (T_2 p + 1)} e^{-p\tau}$$

Синтез алгоритма выполнен на основе принципа максимума Понтрягина [2] с использованием канонических переменных состояния:

$$\begin{aligned} R &= x_3 + \text{sign}(x_2) \cdot (u/a) \cdot \left(\exp\{\text{sign}(x_2) \cdot (ax_2/u)\} - 1 \right); V = \text{sign}(R); \\ \omega &= \left[\ln \left((2V/a) + \sqrt{(2V/a)^2 \cdot \left[(1 - \exp\{-ax_2/V\}) - x_3 \cdot \exp\{-ax_2/V\} \right]} \right) \right] / a; \\ \sigma &= V\omega^2 - \omega x_2 + \left(x_2^2 / 2V \right) + x_1; u = -\text{sign}(\sigma); \\ u &= 0, \text{ if } x_i \leq \varepsilon_i, \quad i = 1; 2; 3. \end{aligned}$$

В состав алгоритма входит расчет расстояния R до линии пересечения полуповерхностей, определение расстояния σ до поверхности переключения, алгоритм переключения знака управления и выключения управления. Вклад автора состоит в аналитическом выводе алгоритма регулятора.

Литература

1. **Pikina G.A.** Predictive time optimal algorithm for a third-order dynamical system with delay. Proceedings of PTPPE International Conference 9—11 October 2017. // «Journal of Physics: Conference Series». 2017. V. 891. No. 012278.
2. **Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф.** Математическая теория оптимальных процессов. М.: Наука, 1969.
3. **Pierre D.A.** Optimization Theory with Applications. N.Y.: Dover Publ. Inc., 1986.

В.С. Луненко, асп., рук. А.В. Андриюшин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ ПО НАДЕЖНОСТИ НА ПРИМЕРЕ КОМПЛЕКСА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Эффективность промышленного предприятия напрямую зависит от эффективности использования производственного оборудования, которая определяется соотношением прибыли от использования актива к затратам на его содержание. Из этого следует, что актуальной темой исследования является повышение эффективности функционирования производственных активов. В [1] был выбран метод управления производственными активами.

На примере созданного в филиале МЭИ в г. Волжском Полигона для исследования эффективности функционирования комбинаций нетрадиционных и возобновляемых источников электрической и тепловой энергии [2], были выявлены основные элементы, наиболее подверженные отказам и рассчитаны убытки от простоя оборудования.



Рис.1 - Структурная схема системы теплового насоса

Согласно собранным статистическим данным за 6 лет работы оборудования было зафиксировано 5 критичных и 8 некритичных отказов, из-за которых простой оборудования составил 1 месяц. Расходы на эксплуатацию данного комплекса в период простоя теплового насоса были увеличены в 3 раза, по сравнению расходами при функционировании комплекса.

Литература

1. **Купоносова В.С.** , **Андриюшин А.В.**, **Щербатов И.А.** Управление производственными активами на основании надежностных и стоимостных характеристик// V международная научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов 4-6 июня 2018 г. стр. 245.
2. **Купоносова В.С.**, **Болдырев И.А.**. Моделирование системы управления грунтовым тепловым насосом// Сборник научных статей IV научно-практической международной конференции (школы-семинара) молодых ученых: 23-25 апреля 2018 г, стр. 339-403.

Э.О.Намазова, асп.; рук. Э.К.Аракелян, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Интеллектуальные системы управления технологическими процессами активно применяются в различных сферах для экономии затрат, эффективности производства и удобства использования. При этом в управлении процессами стараются все больше использовать возможности современных технологий путем автоматизации технологических процессов с частичным, но все же с возможно меньшим участием человека.

В качестве объекта исследования взята система теплоснабжения одного из жилых комплексов регионов северной части России. Так как территория, называемая Крайним Севером, имеет большую роль в становлении ВВП страны (на территориях Крайнего Севера проживает только 8 % населения страны, но добывается 76 % российской нефти, 93 % природного газа, 95 % угля, 95 % золота, 100 % алмазов, 100 % икры лососевых рыб, а также много других полезных ресурсов). [1] Но учитывая специфику климата, там есть существенные сложности с энергоснабжением и теплоснабжением регионов, в сравнении с регионами с более мягким климатом.

Были изучены системы теплоснабжения региона и соответствующего жилого комплекса, рассчитаны потери, сделан анализ причин потерь. Так же изучены дополнительные возможности применения возобновляемых источников энергии (ВИЭ). После изучения, разработаны рекомендации по переходу на оптимальный для рассматриваемого жилого комплекса систему теплоснабжения с учетом всех возможных ресурсов. Данное исследование в дальнейшем даст возможность в изучении внедрения и применения интеллектуальной системы управления в существующей системе теплоснабжения, либо в рекомендованной нами системе теплоснабжения.

Литература

1. **Башмаков И.А.** Повышение энергоэффективности энергоснабжения северных регионов России // Энергосбережение. 2017. №2. С.47

*А.А. Юдина, студ.; рук. Е.М. Шишков, к.т.н., доц.
(СамГТУ, г. Самара)*

ВЛИЯНИЕ ЗАМКНУТОГО АЛГЕБРАИЧЕСКОГО КОНТУРА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ УПРАВЛЯЕМОГО ШУНТИРУЮЩЕГО РЕАКТОРА

Для имитационного моделирования процессов, построения динамических моделей дискретных, нелинейных, непрерывных систем с помощью графических блок-программ, наиболее широко используемой программой является графическая среда MatlabSimulink. Явным преимуществом Simulink является отсутствие необходимости видоизменения системы дифференциальных уравнений при изменениях системы или схемы замещения магнитной системы управляемого шунтирующего реактора (УШР), что, в свою очередь, значительно упрощает реализацию модели и снижает вероятность ошибки моделирования. Основным элементом при моделировании УШР является выполнение экспериментальной части математическим моделированием.

Модель УШР в среде Simulink состоит из магнитной и электрической цепи. В электрической части схемы напряжение измеряется на индуктивном элементе, интегрируется в блоке интегрирования, значение потокосцепления делится на число витков в блоке усиления. В магнитной цепи производится анализ сигнала, сформированного на выходе из блока усиления, с помощью управляемого источника тока. Формируется магнитный поток, измеряемый на измерительном элементе, после чего интегрируется в блоке интегрирования и делится на число витков, при этом происходит расчет магнитной цепи к электрической [1]. Сигнал на выходе из блока управления поступает на источник тока, обеспечивающий протекание тока в катушке индуктивности.

Недостаток модели – наличие замкнутого алгебраического контура, образованного источником тока и блоком измерения магнитного напряжения. Расчет алгебраических контуров проводится итерационным методом на каждом шаге расчета, замедляя общее время расчета. Для исключения контура добавлен фильтр с малой постоянной времени. Значение постоянной времени подбирается вручную.

Литература

1. **Черных И.В.** Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – Москва: ДМК Пресс. – 288 с.

Д.А. Еришов, студ., В.М. Парчевский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВУХМЕРНЫХ СЕПАРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРОГЕНЕРАТОРОВ АЭС С ВВЭР

Для управления парогенераторами (ПГ) АЭС с ВВЭР в маневренном режиме необходимо располагать их двухмерными сепарационными характеристиками (ДСХ) $\omega(d, h)$, где ω – влажность пара на выходе из ПГ, d – паровая нагрузка, h – уровень воды. Для расчета и моделирования ДСХ используются экспериментальные данные, учитывающие особенности каждого ПГ [1]. Экспериментальным путем определяются: коэффициент неравномерности скорости выхода пара с зеркала испарения K_n , определяемый как отношение максимальной скорости вблизи горячего коллектора к средней при работе на номинальной нагрузке ($K_n = w^{\text{макс}}/w^{\text{ср}}$), и кривая зависимости $h(h_1)$, где h – уровень воды по показаниям дифманометра регулируемого уровня (подключенному к регулятору подачи питательной воды), а h_1 – уровень воды в зоне наиболее интенсивного парообразования вблизи горячего коллектора на номинальной нагрузке [2]. Для работы в маневренном режиме с переменной нагрузкой в [1] использовалось значение $K_n = 1,25$. При этом экспериментальные данные преобразовывались в вид $w(d, i)$, где i – номер зоны (используется позонный расчет), а $h(h_1)$ – в $h(d, h_1)$.

В реальных ПГ значение K_n может лежать в диапазоне от 0,15 до 0,35. Для обоснования требований к точности экспериментального определения K_n необходимо исследовать влияние параметра K_n на вид ДСХ $\omega(d, h)$. При этом нужно преобразовать двухмерную зависимость $w(d, i)$ в трехмерную $w(d, i, K_n)$. В результате получена аналитическая функция трех переменных, с помощью которой можно рассчитывать скорость выхода пара в каждой i -й зоне:

$$w_i(K_n, d, i) = a_i(d, K_n) \cdot i + b_i(d, K_n),$$

где a_i и b_i – функции, соответствующие i -й зоне.

Литература

1. **Парчевский В.М., Гурьянова ВВ.** Расчет и моделирование двухмерной сепарационной характеристики парогенератора АЭС с ВВЭР-1000 //Теплоэнергетика..2017. № 1.
2. **Трунов Н.Б., Логвинов С.А., Драгунов Ю.Г.** Гидродинамические и теплохимические процессы в парогенераторах АЭС с ВВЭР. -М.: Энергоатомиздат, 2001.

Бадамаа Б. студент. Рук. В.П.Зверьков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕЛИНЕЙНЫХ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ

По мере роста населения Улан-Батора необходимо увеличить объем производства электрической и тепловой энергии, чтобы свести к минимуму потери и повысить эффективность производства для удовлетворения спроса на тепло и электроэнергию. Для этого должны использоваться автоматизированные системы управления.

Автоматизированные системы управления непрерывными технологическими процессами в энергетике и других отраслях промышленности реализуются на базе распределенных вычислительных сетей, основой которых являются микропроцессорные контроллеры, позволяющие применять достаточно сложные законы управления.

При разработке и наладке систем автоматического управления актуальной проблемой является параметрический синтез. В случае регулирования технологических процессов результатом решения этой проблемы являются оптимальные значения параметров настройки применяемого регулятора[1].

Применение современных средств вычислительной техники позволяет проводить оптимизацию настройки регуляторов по ряду нетрадиционных интегральных критериев, отличающихся видом подынтегральных функций [2] с помощью численных методов поиска минимума значения критерия в пространстве параметров настройки регулятора. В докладе приводятся результаты исследования эффективности настройки ПИД регулятора по нетрадиционным критериям на примере системы регулирования давления пара за котлом.

Проведенное исследование позволяет рекомендовать критерий ITAE, как наиболее эффективный для прямого поиска оптимальных параметров настройки ПИД-регулятора, обеспечивающих выполнение требований по устойчивости и качеству процессов регулирования.

Литература

1. В.Я. Ротач. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами. // М.: Энергоатомиздат. 1985 – 296 с.
2. V. P. Zverkov, Y N Petrochenko /Research integral indicators of the quality control in systems with PID regulator.// JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES Том. 891. International Conference "Problems of Thermal Physics and Power Engineering", РТПЕ 2017. - Сер. 1, 012283.

А.С. Чеботаев, студ.; рук. В.М. Парчевский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)»

МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТУПЕНЧАТОГО СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА В ПЫЛЕУГОЛЬНОМ КОТЛЕ

Эколого-экономическая характеристика (ЭЭХ) связывает затраты на атмосфероохранные мероприятия с массовыми выбросами вредного вещества и нагрузкой котла (D). Она необходима для оптимального управления выбросами [1].

Для разработки ЭЭХ ступенчатого сжигания топлива необходимо экспериментально или расчётным путём оценить потери (Z), связанные с ступенчатым сжиганием при различных значениях степени ступенчатости (1):

$$\beta = \frac{\alpha_3}{\alpha_0}, \quad (1)$$

где α_3 – количество воздуха, подаваемого через амбразуры над горелками, α_0 – количество воздуха, необходимое для полного сжигания топлива при различных значениях нагрузки котла.

Потери (в руб./час) складываются из снижения КПД котла брутто вследствие повышения температуры уходящих газов с возрастанием β и увеличения механического недожога топлива q_4 .

Далее необходимо так же оценить зависимость массовых выбросов оксидов азота (m) от тех же параметров: β и D .

В результате мы получаем таблицу, функционально связывающую 4 параметра: Z , D , β , m и путём аппроксимации этих данных получаем аналитическое выражение для требуемой ЭЭХ (2):

$$Z = f(m, D). \quad (2)$$

Литература

1. **Парчевский В.М., Кислов Е. А.** Подсистема охраны атмосферы в АСУ ТП ТЭС // Теплоэнергетика. 2014. №3.

*В.В. Гурьянова, асп.; рук. О.М. Проталинский, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Несмотря на широкое развитие средств и методов диагностики текущего технического состояния оборудования электроэнергетики, по-прежнему мало внимания уделяется решению задачи прогнозирования надежности диагностируемого оборудования, зависящей от его технического состояния. С учетом сложности протекающих в объектах электроэнергетики процессов, а также наличия неконтролируемых внешних возмущений в процессе эксплуатации данных объектов стоит отметить, что построение модели прогнозирования технического состояния с использованием традиционного математического аппарата становится трудноразрешимой задачей.

Перспективным направлением в построении систем поддержки принятия решений для прогнозирования технического состояния оборудования является применение искусственных нейронных сетей. Обученная искусственная нейронная сеть после обработки информации, учитывающей тенденцию развития входных параметров, может с высокой степенью точности предсказать появление дефектов в оборудовании и оценить надежность его работы.

Авторами разработаны рекомендации по построению модели прогнозирования технического состояния электрического оборудования на примере вакуумных выключателей с указанием внутренней структуры, подразумевающей выбор числа слоев, и количества входов/выходов модели.

Модель является комбинированной. Она сочетает в себе две подсистемы и реализована на основе классической нейронной сети и системы нейро-нечеткого логического вывода ANFIS [1]. Классическая нейросеть служит для прогнозирования явных дефектов, адаптивная нейро-нечеткая сеть - для обнаружения скрытых дефектов в соответствии с опытом эксплуатирующего персонала.

Применение ИНС в системах поддержки принятия решений для прогнозирования технического состояния позволяет повысить эффективность эксплуатации технологического оборудования.

Литература

1. **Круглов В.В., Борисов В.В.** Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002. 382 с.

*Ю.О. Шпагина, студент; рук. Е.И. Мерзликina, к.т.н., доц.,
(НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА ДЕРЕВЬЕВ И ВЫБОР АТРИБУТОВ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ ТЭС

В современном обществе системы управления базируются на комплексных системах обработки информации. Вся собранная и обработанная информация образует базу данных (БД), которые являются основным компонентом информационной системы. Автор данного доклада в настоящее время принимает участие в разработке глобальной БД оборудования ТЭС.

В данном докладе рассматривается задача составления БД типа «дерево» (см. рис. 1) и выбора атрибутов для оборудования ТЭС. Рассматриваемая БД, в отличие от существующих в настоящее время, является не локальной, а глобальной, то есть, охватывает сразу несколько электростанций и информация из нее доступна пользователям по сети интернет. Это дает ряд преимуществ, как для сотрудников ТЭС, так и для управляющей компании.

При составлении списка атрибутов для каждой единицы оборудования имеются проблемы в виду того, что отсутствует общий стандарт в этой области, при этом без атрибутов целесообразность создания таких БД теряется, а для глобальной БД необходим единый перечень атрибутов.

При внедрении данной БД оборудования ТЭС пользователь получает такие преимущества как компактность хранения информации; скорость её обработки и обновления; простой доступ к актуальной информации о единицах оборудования, в том числе из различных подразделений ТЭС или с различных ТЭС, с мобильных устройств и т.д.



Рисунок 1. Схема построения базы данных типа "дерево" для оборудования ТЭС.

В.А. Нестеренко, асп.; рук. В.Р. Сабанин, к.т.н., доц.(НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЧАСТОТНО-ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Частотно-широотно-импульсная модуляция (ЧШИМ) лежит в основе различных систем управления электроприводами и технической автоматике. Особенностью ЧШИМ от более известной широтно-импульсной модуляции (ШИМ) является возможность изменения не только коэффициента заполнения импульсов (скважность), но и изменение частоты этих импульсов в зависимости от величины входного сигнала.

На данный момент ЧШИМ используется в регуляторах переменного напряжения [1], командных блоках регуляторов расхода воздуха или топлива [2], системах контроля позиционных траектор спутников [3] и др. Такое широкое распространение данной модуляции основано на её универсальности.

В рамках доклада речь пойдёт о вариации использования систем с частотно-широотно-импульсной модуляции, об особенностях ЧШИМ с использованием интегрального и аperiodического звеньев, а также их математических моделей.

Данная работа посвящена подбору различных видов систем управления с использованием ЧШИМ для создания физической модели индивидуального теплового пункта.

Литература

1. Пат. 2462804 Российская Федерация, МПК H02M 1/08, H02M 5/16, H02M 5/257, H02M 5/458. Частотно-широотно-импульсный регулятор переменного напряжения [Текст] / Цытович Л.И., Брылина О.Г., Дудкин М.М., Рахматулин Р.М.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "ЮУрГУ" (НИУ). - № 2011133127/07; заявл. 05.08.11; опубл. 27.09.12, Бюл. № 27.
2. Пат. 2475797 Российская Федерация, МПК G05B 13/00. Командный блок для экстремального регулятора [Текст] / Сабанин В.Р., Коптев В.С., Кормильцын В.И.; заявитель и патентообладатель Сабанин В.Р., Коптев В.С., Кормильцын В.И. - № 2011138340/08; заявл. 20.09.11; опубл. 20.02.2013, Бюл. № 5.
3. G. Arantes Jr., L. S. Martins-Filho, and A. C. Santana, "Optimal on-off attitude control for the Brazilian Multimission platform satellite," *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2009, ArticleID750945, 17 pages, 2009

*С.А. Василенко, А.Р. Ефимова, студ.; рук. Н.С. Долбикова, ст.преп.
(НИУ «МЭИ»)*

ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА КИСЛОРОДА В БЕСКОМПРЕССОРНОЙ ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКЕ

Одной из приоритетных задач современной энергетики является снижение негативного воздействия энергетических объектов на экологическую обстановку в мире. Сжигание в чистом кислороде природного газа обеспечивает отсутствие выбросов оксидов азота. В настоящее время происходит разработка фундаментальных научных основ в обоснование практической реализации новой концептуальной схемы бескомпрессорной парогазовой установки, обеспечивающей высокую топливную эффективность и практически полное улавливание диоксида углерода из продуктов сгорания [1].

Для АСУ ТП упомянутой установки необходимо точное измерение расхода окислителя - жидкого кислорода. Однако измерение расхода криогенной жидкости по перепаду давления в сужающем устройстве сопряжено с разрушением измерительной аппаратуры вследствие химического воздействия агрессивной низкокипящей среды и термической усталости материала гидравлической части расходомера, связанной с многократным ее захлаживанием. А использование в проточной части расходомера искусственного сопротивления сопровождается риском возгорания всей конструкции [2].

Авторами был произведён поиск и анализ способов измерения расхода жидкого кислорода с заявленной точностью и надёжностью для разрабатываемой бескомпрессорной парогазовой установки.

В докладе предложено решение проблемы измерения расхода жидкого кислорода, являющегося парамагнитным веществом, для разрабатываемой установки. Местное сужение потока предлагается создавать путем формирования кольцевого слоя измеряемой жидкости на внутренней поверхности трубопровода неоднородным магнитным полем охватывающего трубопровод кольцевого магнита или соленоида [3].

Литература

1. **Косой А.С., Зейгарник Ю.А., Синкевич М.В., Штеренберг В.Я.** Концептуальная схема парогазовой установки с улавливанием диоксида углерода из продуктов сгорания // Теплоэнергетика. 2018. №9, С. 1—10.
2. **Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С.** Теплотехнические измерения и приборы. М.: Издательство МЭИ 2005.
3. **Мезиков А.К., Мезиков В.К., Мезиков О.А., Королев В.Н.** Способ определения расход жидкого кислорода // Патент РФ №2002209, опубл. 30.10.1993, Бюл. №4.

*С.А. Василенко, А.Р. Ефимова, студ.; рук. Н.С. Долбикова, ст. преп.
(НИУ «МЭИ»)*

ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОТЫ В СМЕСИ С ЖИДКИМ КИСЛОРОДОМ

Для улучшения экологической обстановки на планете необходимо разрабатывать альтернативные способы выработки тепловой и электрической энергии. Одним из таких способов является выработка энергии в энергетической установке посредством сжигания углеродсодержащего топлива в по существу чистом кислороде [1].

Одним из рабочих тел упомянутой установки является углекислота, которую в различных режимах необходимо смешивать в определенной пропорции с жидким кислородом для последующей подачи смеси в камеру сгорания. Таким образом, при разработке новой концептуальной схемы бескомпрессорной парогазовой установки, возникает задача поддержания определенной доли углекислоты в смеси с жидким кислородом. В докладе рассмотрены два варианта решения поставленной задачи:

1) Измерение концентрации углекислоты после смешения с жидким кислородом;

2) Отдельные измерения расходов подаваемых в смеситель веществ и последующий расчёт концентрации [2];

Измерение концентрации углекислоты в жидком кислороде – нетривиальная задача, накладывающая высокие требования к измерительному оборудованию, часто не способному обеспечить требуемой точности и постоянства статической характеристики [3]. Вторым вариантом накладывает меньшие требования к измерительным приборам, но перекладывает расчёт концентрации углекислоты в смеси с жидким кислородом на контроллер ПТК, разрабатываемой АСУ ТП.

В докладе представлена измерительная схема из двух расходомеров, позволяющая производить измерение концентрации углекислоты в смеси с жидким кислородом и пример программной реализации расчёта концентрации углекислоты в ПТК SPPA-T3000.

Литература

1. **Косой А.С., Зейгарник Ю.А., Синкевич М.В., Штеренберг В.Я.** Концептуальная схема парогазовой установки с улавливанием диоксида углерода из продуктов сгорания // Теплоэнергетика. 2018. №9, С. 1—10.
2. **Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С.** Теплотехнические измерения и приборы. М.: Издательство МЭИ 2005.
3. **Друзьякин И.Г.** Средства автоматизации процесса транспортировки жидкой углекислоты // Сб. научн. тр. / Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2003

*С. В. Кильчанов, М. В. Коротченков, И. А. Мельников,
студенты; рук. И. А. Щербатов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

Техническая и функциональная диагностика систем SmartGridумных городов

В соответствии с «Дорожной картой» одобренной Президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России, принятой 28.09.2016г. необходимо создать комплексные системы и сервисы интеллектуальной энергетики. В данном документе выделено важное направление – умные сети или SmartGrid [1]. Отсутствие отказов, отключений и аварий при эксплуатации систем SmartGrid умных городов является одним из приоритетных направлений реализации дорожной карты. Поэтому можно выделить крайне актуальную научно-техническую задачу построения систем технической и функциональной диагностики оборудования умных сетей.

Цель настоящей работы – повышение эффективности технической диагностики сетей SmartGrid с использованием деревьев решений CART моделей и экспертных систем, базирующихся на производственных правилах.

Достижение поставленной цели обеспечено за счет разработки математической модели, которые использует достоинства деревьев решений и производственных систем для синтеза способа и реализующего его алгоритма технической и функциональной диагностики сетей, построенных в соответствии с концепцией SmartGrid. Синтезированный способ является основой для предотвращения и предупреждения аварийных ситуаций, а также обеспечения постоянного взаимодействия между агентами умной сети. В результате повышается эффективность энергоснабжения, снижаются негативные экологические последствия для окружающей среды и потери энергоресурсов из-за простоев и отключений, а также обеспечивается безопасность на объектах электро- и теплогенерации [2,3].

В ходе работы проанализированы проекты развития инновационной среды SmartGrid и на основе этих данных построена математическая модель для реализации мониторинга и диагностики технического состояния оборудования сетей SmartGrid [3].

Список литературы

1. **Бушуева В.В., Ливинского П.А.** Энергоэффективный мегаполис - SmartCity «Новая Москва». М.: ИД «Энергия», 2015 г., 76 стр.
2. **Кобец Б.Б., Волкова О.И.** Возможные подходы к развитию концепции SmartGrid в России // Энергетическая политика. 2010. №2. С. 34 – 41.
3. **Кобец Б.Б., Волкова И.О.** Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции SmartGrid. М.: ИАЦ Энергия, 2010. 208 с.

А.К. Чижова, студ.; рук. В.М. Парчевский к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

Экономика и безопасность при управлении парогенераторами АЭС с ВВЭР

Парогенераторы (ПГ), наряду с паровыми турбинами и ядерными реакторами, относятся к основному технологическому оборудованию АЭС. Нагрузкой ПГ управляет энергосистема, а уровень воды служит для поддержания влажности на заданном уровне. До настоящего времени дать четкий ответ на вопрос, какой уровень является оптимальным, не было возможности [1]. С одной стороны, чем ниже уровень, тем меньше влажность пара на выходе из ПГ, и тем выше КПД паровой турбины. Экономика требует держать уровень на минимально-допустимом значении. С другой стороны, повышение уровня увеличивает запас воды в парогенераторах, а это связано с возрастанием безопасности работы энергоблока. Поэтому данный вопрос является актуальным, а следовательно, требуется тщательное рассмотрение и анализ. В данной работе для управления парогенераторами используется целевая функция в виде суммарного ущерба R , которую нужно минимизировать в процессе управления:

$$R(h_1, h_2, h_3, h_4, d) = L(h_1, h_2, h_3, h_4, d) - P(h_1, h_2, h_3, h_4, d),$$

где R (Result) – суммарный ущерб, руб/ч; L (Loss) – ущерб от недовыработки электроэнергии, руб/ч; P (Profit) – снижение ущерба повышением безопасности, руб/ч; h_1, h_2, h_3, h_4 – уровни воды в парогенераторах, мм; d – относительная нагрузка. Минимум R достигается при оптимальных значениях уровней.

При построении целевой функции основную трудность представляет перевод понятия «безопасность» в экономическую категорию, оцениваемую в деньгах.

Литература:

1. **Трунов Н.Б., Логвинов С.А., Драгунов Ю.Г.** Гидродинамические и теплотехнические процессы в парогенераторах АЭС с ВВЭР. М.: Энергоатомиздат, 2001.

В.А.Агибалов студ.; М.А. Дмитриева студ.; М.К. Белов студ.;
рук. И.А. Щербатов, к.т.н., доц. (НИУ “МЭИ”)

Система поддержки принятия решений для организации технического обслуживания и ремонта оборудования ТЭЦ

В соответствии с энергетической стратегией России на период до 2030 года [1] необходимо обеспечить эффективное функционирование энергетического сектора страны. Одной из ключевых задач при этом является построение систем мониторинга и оценкитекущего технического состояния оборудования энергетике, которые обеспечивают организацию технического обслуживания и ремонта оборудования. В этой связи крайне актуальной является задача оценки технического состояния оборудования. Целью работы является повышение эффективности эксплуатации оборудования ТЭЦ за счет своевременного диагностирования технического состояния продленного оборудования или оборудования, срок службы которого подходит к концу на основе метода нечеткой логики и теории нечетких множеств.

Параметры оборудования станции, которые характеризуют техническое состояние, формализуются с использованием методов теории нечетких множеств и представляют собой лингвистические переменные. Выходная переменная – комплексный показатель, значение которого характеризует техническое состояние оборудования ТЭЦ. С помощью логического вывода устанавливается соответствие между переменными, характеризующими техническое состояние и комплексным показателем. Данный показатель оценивается конкретным значением из интервала $[0;1]$. В состав системы поддержки принятия решений входит соответствующий модуль, обеспечивающий интерпретацию полученного числового значения. Моделирование осуществляется в среде инженерных расчетов Matlab.

Литература

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009г. № 1715-р.
2. **Штовба С. Д.** Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 288 с.

*А.А. Мошкин студент; рук. В.М. Парчевский, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВУХМЕРНОЙ СЕПАРАЦИОННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРОГЕНЕРАТОРА АЭС С ВВЭР

Для управления уровнем h в парогенераторе (ПГ) обычно используют его одномерную сепарационную характеристику $\omega(h)$ [1], где ω - влажность пара на выходе из ПГ, справедливую только для одного значения паровой нагрузки d (обычно номинальной), но в связи с включение АЭС в регулирование частоты и мощности энергосистем необходима разработка двухмерной сепарационной характеристики (ДСХ) $\omega(d, h)$, пригодной для работы при переменных нагрузках.

Была разработана гиперболическая (относительно h) модель ДСХ [2]:

$$\omega(d, h) = \frac{a_1(d)}{(a_2(d) + h)^2} + \frac{a_3(d)}{a_2(d) + h} + a_4(d),$$

где $a_1(d), a_2(d), a_3(d), a_4(d)$ - функции, зависящие от нагрузки, которые содержат 19 постоянных коэффициентов (степеней свободы).

Но исторически в качестве эмпирических моделей традиционно используют полиномиальные модели, для работы с которыми имеется большой набор математических инструментов. Был разработан вариант полиномиальной модели ДСХ:

$$\omega(d, h) = a_1(d) + a_2(d) \cdot h + a_3(d) \cdot h^2 + a_4(d) \cdot h^3 + a_5(d) \cdot h^4 + a_6(d) \cdot h^5 + a_7(d) \cdot h^6 + a_8(d) \cdot h^7 + a_9(d) \cdot h^8,$$

где $a_1(d) \dots a_9(d)$ – полиномы пятой степени d , содержащие 54 постоянных коэффициента.

Вывод: Полиномиальная модель при том же качестве (погрешности аппроксимации сравниваемых вариантов близки) более громоздкая, требует больше памяти для хранения в контроллерах и вычислительных станциях, а также снижает скорость работы системы управления парогенераторами в режиме реального времени.

Литература

1. Трунов Н.Б., Логвинов С.А., Драгунов Ю.Г. Гидродинамические и теплохимические процессы в парогенераторах АЭС с ВВЭР. – М.: Энергоатомиздат, 2001.
2. Парчевский В.М., Гурьянова В.В. Расчет и моделирование двухмерной сепарационной характеристики парогенератора АЭС с ВВЭР. – Теплоэнергетика. 2017. № 1. С. 25-30.

Направление

ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЕ

Научный руководитель направления —

директор ЭнМИ, к.т.н., профессор С.А. Серков

Секция 48

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ДВИГАТЕЛИ

Руководитель секции: Грибин Владимир Георгиевич

Секретарь секции: Лебедева Александра Ивановна

В.В. Семенкин., студ.; рук. В.М. Супранов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ») ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ПАРОГЕНЕРАТОР ДЛЯ АЭС С ВВЭР ПАРОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 2000 т/ч

Современный мир невозможно представить без энергетики. Наиболее перспективной и развивающейся в наши дни является атомная энергетика.

Важную роль, от которой зависят показатели работы энергоблока и эффективность АЭС в целом играет парогенератор (ПГ). ПГ должен обеспечить бесперебойную работу паровой турбины электростанции. Главное требование, предъявляемое к ПГ кроме надежности работы – обеспечение низкой влажности отсепарированного пара. Ухудшение качества пара приводит к отложениям на лопатках турбины и их эрозионному износу. Это снижает КПД турбины, уменьшает надежность работы, а также способствует увеличению тепловых потерь.

Конструкция парогенератора предполагает эффективную одноступенчатую сепарацию пара за счет снижения теплогидравлической неравномерности. Важно также обеспечить равномерный по длине корпуса отвод пара из ПГ.

Необходимость создания ПГ с низкой влажностью пара и с высокой надежностью работы достигается за счет:

- площадь теплообменной поверхности выбирается с запасом 2 %. Это позволяет в случае возникновения течи, из-за ненадежного вальцовочного соединения труб с коллектором, просто заглушить поврежденную трубу;
- продувка карманов в нижней части коллектора теплоносителя с целью предотвращения коррозионного воздействия шлама на сварной шов, расположенный в этой области;
- подвод питательной воды по раздающим трубам в сторону более горячих теплообменных труб;
- использование дифференцированного перфорированного листа. При этом около горячего коллектора предполагается наличие отверстий меньшего диаметра для создания большего сопротивления. Это позволяет увеличить эффективность погружного дырчатого листа, путем создания равномерно распределенной паровой подушки по всей плоскости зеркала испарения.

Выполнены тепловой и компоновочный расчеты ПГ, подтверждающие возможность получения требуемой влажности пара при использовании одноступенчатой схемы сепарации. Кроме того, были проведены прочностной и гидравлический расчет ПГ. Определена оптимальная скорость теплоносителя в трубах, при которой суммарные затраты являются минимальными.

Полученные габариты ПГ позволяют перевозить его по железной дороге.

*М. Е. Кочетышкин, студ.; рук. В. Г. Грибин, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

ПОВЫШЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ТУРБИН АЭС

Повышение аэродинамической эффективности проточных частей турбин ТЭС и АЭС – актуальная задача, решение которой позволит снизить удельные расходы тепла и топлива на электростанциях. Зарубежный и отечественный многолетний опыт повышения экономичности за счет модернизации конструкции элементов проточной части паровых турбин, длительное время находящихся в эксплуатации, показывает значительную эффективность этого направления повышения технико-экономических показателей.

В работе на основе теплового расчета паровой турбины К-1000-60/3000 [1] проведен анализ резервов экономичности за счет снижения основных потерь в проточной части паровых турбин АЭС. Результаты анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Анализ основных потерь в проточной части паровой турбины К-1000-60/3000.

	Вид потерь	Теряемая мощность, МВт	
		ЧВД	ЧНД
1	Потери в лопаточном аппарате	ЧВД	61,1
		ЧНД	55,2
2	Потери от утечек	ЧВД	10,6
		ЧНД	19,5
3	Потери от влажности	ЧВД	46,8
		ЧНД	29,6

Экспериментальные и теоретические исследования элементов конструкции проточных частей турбин, проведенные на кафедре паровых и газовых турбин НИУ «МЭИ» и других организаций позволили разработать ряд технических решений, испытанных на моделях в лабораторных условиях, обеспечивающих повышение КПД турбоагрегата на 1,5...2%.

Повышение технико-экономических показателей достигнуто за счет применения 3D профилирования с применением методов снижения концевых и профильных потерь, применения новых типов стойких к эрозионным размывам уплотнений, снижения потерь на влажность.

Литература

1. **Трояновский Б. М., Филлипов Г. А., Булкин А. Е.** Паровые и газовые турбины атомных электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1985

*А.А. Абрамов, студ.; рук. Б.Л. Шельгин, к.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ТОПЛИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ «ГТЭ-6П – П-102» ПРИ ПОНИЖЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

В ПАО «Т Плюс» теплота уходящих из ГТЭ-6П продуктов сгорания используется в котле-утилизаторе (КУ) марки П-102 для выработки пара низкого давления.

Предварительными исследованиями установлено, что при пониженной электрической мощности ГТЭ-6П ($N_э=4\div5$ МВт) и температурах наружного воздуха $t_n=-30\div30^\circ\text{C}$ КПД газотурбинной установки составляет $\eta_{ГТУ}=0,224\div0,251$.

В случае утилизационного режима работы КУ при сжигании в камере сгорания (КС) ГТЭ-6П природного газа с теплотой сгорания $35,5$ МДж/нм³ на основании значений $\eta_{ГТУ}$ топливные характеристики имеют вид, нм³/ч:

$$V_{утил} = (1766,4 + 1,04 \cdot 10^{-6} \cdot (t_n + 30)^{1,6}) + (0,0053 - 0,038 \cdot 10^{-6} \cdot (t_n + 30)^{1,6}) \cdot (N_э - 4)^{1,024}, \quad (1)$$

$$V_{утил} = (1766,4 + 1,24 \cdot 10^{-6} \cdot (t_n + 30)^{1,7}) + (0,0041 - 0,089 \cdot 10^{-6} \cdot (t_n + 30)^{1,6}) \cdot (D_{утил} - 4)^{1,012}, \quad (2)$$

В зависимости от значений $N_э$ и t_n расход топлива составит $V_T=1733,5\div2131,8$ нм³/ч, а паропроизводительность КУ не превышает $D_{утил}=20$ т/ч.

Для достижения проектного значения паропроизводительности $D_{п}=50$ т/ч КУ марки П-102 должен работать в режиме сжигания в его топочной камере дополнительного топлива при использовании в качестве окислителя части утилизируемых газов со сбросом оставшейся в газодход фестоны, для этого в конструкции данной котельной установки имеется байпас топки.

В результате топливная характеристика принимает вид, нм³/ч:

$$V_{доп} = (0,053 - 0,034 \cdot 10^{-6} \cdot (t_n + 30)^{1,7}) \cdot (N_э - 4)^{0,971} + 10,21 \cdot (D_{пв} - 4)^{0,992}, \quad (3)$$

В зависимости от входных исходных данных для достижения требуемой паропроизводительности КУ ($40\div50$ т/ч) расход дополнительно сжигаемого топлива должен составить $1558,1\div2096,5$ нм³/ч при оптимальной доле байпасирования газов $d_б=0,45\div0,53$.

Полученные топливные характеристики будут использованы в проведении расчётного анализа показателей энергоустановки при переменных условиях её работы, а в дальнейшем для создания учебного пособия по курсу «Режимы работы котлов-утилизаторов ПГУ».

Р.М. Колмаков, студ.; рук. Б.Л. Шелыгин, к.т.н., проф. (ИГЭУ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БЛОКА ПГУ-325 ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК 55÷88 МВт ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

В условиях переменных режимов работы ТЭС, эффективное функционирование оборудование ПГУ электростанции осуществляется использованием автоматизированных систем управления технологическими процессами. При этом необходимы зависимости ряда выходных параметров объекта от определяющих факторов.

Для проведения анализа условий эксплуатации ПГУ-325 и последующей оценки её показателей необходимо знать топливную характеристику энергоустановки.

Расчетным анализом предварительно установлено, что при пониженной электрической мощности $N_э = 55 \div 88$ МВт газотурбинной установки (ГТУ) марки ГТЭ-110 зависимость ее КПД от определяющих факторов имеет вид:

$$\eta_{ГТУ} = (0,301 - 18,54 \cdot 10^{-6} \cdot (t_n + 30)^{1,7}) + (0,0028 - 0,059 \cdot 10^{-6} \cdot (t_n + 30)^{1,9}) \cdot (N_э - 55)^{0,8}, \quad (1)$$

где t_n – температура наружного воздуха, °С.

Для диапазона $t_n = -30 \div 30$ °С с повышением $N_э$ от 55 до 88 МВт значение $\eta_{ГТУ}$ возрастает в пределах $0,282 \div 0,346$.

С использованием (1) в случае сжигания природного газа с теплотой сгорания $Q_n^c = 35,5$ МДж/нм³ зависимость расхода топлива, подводимого в камеру сгорания ГТЭ-110 от определяющих факторов, нм³/ч:

$$B_T = (18419 + 1,16 \cdot 10^{-6} \cdot (t_n + 30)^{1,7}) + (124,0 + 0,016 \cdot (t_n + 30)^{1,8}) \cdot (N_э - 55)^{1,04}. \quad (2)$$

При минимальной температуре $t_n = -30$ °С увеличением электрической мощности в пределах $55 \div 88$ МВт расход топлива возрастает на 28% до 25637 нм³/ч. С повышением значения t_n на 60 °С расход сжигаемого топлива повышается в 1,06 раза.

На основании полученной топливной характеристики с использованием специальной расчетной модели энергоблока ПГУ-325 будут проведены исследования переменных режимов энергоустановки при изменении электрической нагрузки и климатических условий. Так же, полученные результаты будут применены кафедрой ТЭС при изучении студентами особенностей эксплуатации энергоустановок.

М.А. Носкова, асп.; рук. Т.В. Богомолова, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

В условиях рыночной экономики в энергетике России приоритетными стали направления, связанные со снижением себестоимости отпускаемой тепловой и электрической энергии за счет повышения эффективности их работы. Речь идет о повышении конкурентоспособности действующих электростанций за счет оптимизации их режимов работы.

Существующие методы оптимизации режимов работы энергетических установок трудоемки и занимают много времени, что снижает оперативность принятия решений персоналом ТЭЦ в вопросах эффективного распределения нагрузок между агрегатами, подготовки и подачи качественных отчетов и ценовых заявок по участию ТЭЦ в реализации электроэнергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности (ОРЭМ) [1].

Известны следующие методы оптимизации режимов работы в условиях электрической станции: метод равенства относительных приростов; метод открытых клапанов; метод динамического программирования Беллмана; упрощенные методы оптимизации; распределение нагрузки методом перебора всех вариантов; метод равенства относительных приростов; градиентный метод; имитационное моделирование.

Каждый из перечисленных выше методов оптимизации режимов работы энергоблоков обладает недостатками. Наиболее эффективный метод – имитационный. Имитационное моделирование представляет собой математическую модель, которая описывает работу энергоблока в широком диапазоне режимов его работы, такая модель, созданная на языке ОБЪЕКТ PASCAL в среде *Delphi*, позволяет проводить расчеты и выбор оптимального нагрузочного режима [2]. Ниже приведено сравнение удельного расхода топлива для Костромской ГРЭС при двух программах регулирования суточной нагрузки: постоянном начальном давлении перед стопорно-регулирующими клапанами $p_0 = const$ и скользящем начальном давлении $p_0 = var$. Расчеты показали, что экономия топлива на Костромской ГРЭС при регулировании суточной нагрузки на скользящем давлении составляет 75,9 т у.т. в сутки.

Литература

1. **Аракелян Э.К., Пикина Г.А.** Оптимизация и оптимальное управление, М.: Издательский дом МЭИ, 2-е изд., 2008.
2. **Богомолова Т.В., Носкова М.А.** Переменные режимы работы паровой турбины, работающей в составе ПГУ. Доклады XII международной научно-технической конференции «Энергия-2017», Иваново. 2017. С. 234-235.

А.Э.Эльмохлави, аспирант,рук.В.Ф.Очков, д.т.н., профессор
(НИУ "МЭИ", Москва)

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИНТЕГРИРОВАННОГО СОЛНЕЧНОГО КОМБИНИРОВАННОГО ЦИКЛА С СОЛНЕЧНЫМ ПОЛЕМ НЕПРЯМОГО ПАРОБРАЗОВАНИЯ

Современный мир проявляет большой интерес к использованию возобновляемых источников энергии и, в частности, к солнечной энергии. Интегрированная система солнечного комбинированного цикла (ИСКЦ) представляет собой лежит в основе электростанции нового типа, которая использует солнечную энергию, получаемую с помощью параболических зеркал, энергию, вырабатываемую газовой турбиной. Этот цикл вызывает большой интерес, поскольку он предлагает инновационный способ снизить стоимость и повысить общую эффективность использования солнечной энергии, а также уменьшить вредные выбросы при сжигании газообразного топлива.

В этой работе была предложена модель интегрирования солнечного комбинированного цикла (ИСКЦ), добавляющего «солнечный пар», полученный из поля с солнечными параболическими зеркалами, в котле-утилизатор (КУ) на установке ПГУ. Рассмотренная ИСКЦ состоит из газовой турбины и трех контуров паротурбинного цикла Ренкина (см. рис. 1). Солнечный источник, интегрированный в цикл паротурбинного цикла Ренкина, состоит из поля с параболическими зеркалами в виде коллектора. Детальная физико-математическая модель установки ИСКЦ, построенная в среде Mathcad, используется для исследования термодинамического воздействия солнечной гибридной установки ПГУ при широком спектре входных параметров, таких как температура окружающей среды и солнечная тепловая мощность.

Моделирование проводилось для прогнозирования эффективности интегрированного солнечного комбинированного цикла в сочетании с разными конфигурациями «солнечного поля» на основе параболических корытных систем. В этом случае годовая производительность установки была рассчитана в реальных условиях эксплуатации на один час. Процедура вычисления была разработана путем интеграции двух коммерческих программ Mathcad и WaterSteamPro. Термодинамические характеристики были представлены для предлагаемой установки ИСКЦ в условиях номинальной и частичной нагрузки. Для установки ИСКЦ была принята трехконтурная схема с одной паровой турбиной мощностью 182 МВт, одной газовой турбиной мощностью 321 МВт и парогенератором КУ. Что касается теплоносителя (ТН), то синтетическое масло выбрано для переноса тепла в водяной контур на ИСКЦ. Предполагалось, что установка будет расположена на юге Египта. Сравнительный анализ был в основном сосредоточен на влиянии солнечной тепловой энергии на эффективность преобразования солнечной энергии на ИСКЦ, а также на общую тепловую эффективность ИСКЦ.

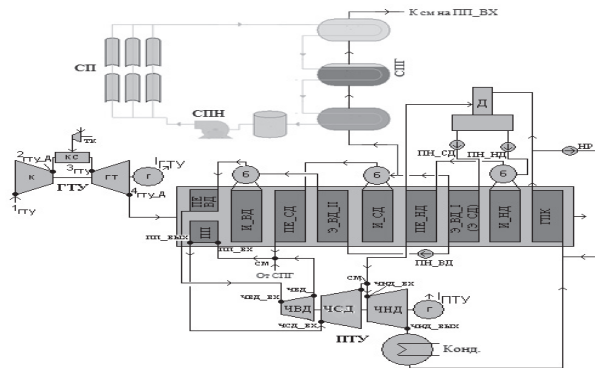


Рис. 1.Схема технологического процесса в ИСКЦ

СП – солнечное поле; СПН – солнечный полевой насос; СПГ – солнечный парогенератор; ГТУ – газотурбинная установка; К – котел; ГТ – газовая турбина; ТК – турбокомпрессор; КС – камера сгорания; ПТУ – паротурбинная установка; ЧВД, ЧСД, ЧНД – часть высокого, среднего и низкого давления; ПП – пароперегреватель; И – испаритель; ПЕ – перегреватель; Э – экономайзер; ГПК – газовый подогреватель конденсата; ВД, СД, НД – высокое, среднее и низкое давление; Д – деаэрактор; ПН – питательный насос; НР – насос рециркуляции; СМ – смеситель; Б – барабан.

Литература

1. **Thermal Engineering Studies** with Excel, Mathcad and Internet. Ochkov, Valery, Orlov, Konstantin, Voloshchuk, Volodymyr. Editor: Rogalev, Nikolay (Ed.). Springer, 2016.
2. **Performance analysis of an integrated solar combined cycle using direct steam generation in parabolic trough collectors**, M.J. Montes, A. Rovira, M. Mueoz, J.M. Martinez-Val, Appl. Energy 88 (2011) 3228–3238, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.03.038>.
3. **Energy Systems in Electrical Engineering, Handbook of Solar Energy Theory, Analysis and Applications**, G.N. Tiwari, Arvind Tiwari, Shyam. DOI.10.1007/978-981-10-0807-8.

А.Б.Кудашева, студ., рук. Е.В. Макаревич к.т.н., доцент (НИУ "МЭИ")

ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЦНД ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ ТУРБИНЫ Т-250/300-240 ТМЗ

В системе Мосэнерго турбины Т-250/300-240 занимают центральное место, обеспечивая тепловой и электрической энергией практически весь мегаполис. В теплофикационном режиме расход пара через ЦНД этих турбин составляет примерно 75-95 т/ч, и при столь существенном расходе пара ЦНД не вырабатывает, а потребляет до 4 МВт мощности при теоретически возможной для указанного расхода пара тепловой мощности в 48-61 МВт. В этой связи, естественно, возникает актуальный вопрос о том, каким образом можно более эффективно использовать энергию пара, проходящий через ЦНД на теплофикационном режиме работы турбины. Радикальным решением проблемы использования ЦНД в теплофикационных турбинах является использование сварного ротора с внутренним торсионным валом.

Детальное описание нового ротора ЦНД представлено в литературе [1].

Принцип работы такой схемы заключается в том, что при работе турбины по тепловому графику крутящий момент на вал генератора передается с помощью вала-проставки и ЦНД выводится из работы. При полном отключении ЦНД в теплофикационном режиме тепловая мощность турбины может быть увеличена на $\Delta N_T = 2200 \text{ кДж/кг} \cdot 27 \text{ кг/с} = 59,4 \text{ МВт}$ или на 21,6% от существующей тепловой мощности, одновременно достигается и увеличение электрической мощности на 3,8 МВт. Отсюда, при работе турбины в теплофикационном режиме экономический эффект от реализации предлагаемое решение составит 45,9 млн руб/год, что сопоставимо с затратами на создание нового ЦНД.

Преимущество данного решения:

-во-первых, ЦНД турбины легко приводится в работу на конденсационном режиме;

-во-вторых, на теплофикационном режиме работы полностью прекращается доступ пара в ЦНД на теплофикационном режиме, следовательно, весь пар, который раньше проходил через ЦНД на теплофикационном режиме, в данном варианте будет использоваться в теплофикационных целях;

-в-третьих, при таком варианте полностью исключаются вентиляционные потери энергии.

Литература

1.Фичоряк О.М. Исследования и разработка способов повышения эффективности работы мощных теплофикационных турбин//Диссертация М.:2007

*И.Б. Лазарев, асп.; рук. Т.В. Богомолова, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

РАСЧЕТ ОСЕВОГО ДИФФУЗОРА С ВИНТОВЫМ ОРЕБРЕНИЕМ НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИФФУЗОРА КОНДЕНСАЦИОННОЙ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ

В продолжение исследований [1] для разработки укороченной конструкции диффузора проведены расчеты в пакете *ANSYS Fluent* (сетка с количеством ячеек 750000, модель турбулентности *SST*). Рабочее тело - водяной пар, шероховатость стенки диффузора задана в подпрограмме *Equivalent Sand Grain Roughness* ($y^+=0.75$), то есть создавалась модель естественного пристеночного слоя.

Размеры диффузора составляют: $d_1 = 4.2$ м, диаметр втулки $d_{вт} = 1.8$ м = *const*, длина $L = 5,6$ м против 7 м в исходном варианте, угол раскрытия - 15° против исходного 12° . Граничные условия на входе в диффузор имитировали выход из последней ступени: скорость $c_2 = 250$ м/с; окружная составляющая скорости $c_{2u} = 40$ м/с; условие $c_{ur} = \text{const}$. Для стабилизации течения в диффузоре использованы следующие воздействия:

1. применены винтообразные канавки с закруткой по часовой стрелке, закрученные по направлению тангенциальной составляющей скорости на внутренней стенке диффузора;
2. применены винтообразные канавки с закруткой против часовой стрелки, закрученные по направлению тангенциальной составляющей скорости на внутренней стенке диффузора.

Результаты расчетов показали, что применение спиральной конфигурации канавок позволило уменьшить длину диффузора, сохранив оптимальным течение в канале диффузора, погасить вихреобразование и отрыв потока в пристеночной области. Диффузор со спиральной навивкой имеет коэффициент восстановления давления $\xi_{вос.} = 0,277$, что почти совпадает в пределах точности эксперимента с результатом исследования исходного варианта [1]. Уменьшение габаритов паротурбинной установки приносит экономический выигрыш, так как уменьшается длина машинного зала и понижаются затраты на изготовление агрегата и строительство.

Литература

1. **Богомолова Т.В., Лазарев И.Б.** Расчет осевого диффузора конденсационной паровой турбины с массообменном на периферийном обводе. Труды Двадцать четвертой международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». М.: 2018. Издательский дом МЭИ. С. 965.

*А.О. Никулин, студент; рук. В.М. Супранов, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА СЖИГАНИЯ ЭКИБАСТУЗСКОГО УГЛЯ В КОТЛЕ Е-320-13,8-560КТ

Запасы экибастузского угля (ЭУ) очень велики и поэтому экономичное и экологически безопасное сжигание этого топлива является актуальным для Казахстана и прилегающих регионов России. При разработке схемы сжигания ЭУ учитывались его свойства и накопленный опыт сжигания.

ЭУ обладает тугоплавкой золой, поэтому топка должна быть только с твердым шлакоудалением, что лучше и в плане экологических показателей топочного процесса. Из-за высокой зольности ($A^r=38\%$) температура подгрева воздуха должна быть не ниже 340°C , значит котел необходимо укомплектовать двухступенчатым трубчатым воздухоподогревателем.

Этот уголь обладает средней сопротивляемостью размолу ($K_{\text{ло}}=1,35$) и довольно высокой реакционной способностью ($V^{\text{daf}}=30\%$). Поэтому для его размола годятся молотковые или шаровые барабанные мельницы (ШБМ). Из-за высокой зольности топлива, приводящей к интенсивному износу мелющих органов лучше выбрать ШБМ, для которых характерна меньшая потребность в ремонте. Эти мельницы наиболее экономично работают в пылесистемах с промбункером. Поскольку ЭУ относится к 1-ой группе взрывоопасности (не опасный), и влажность его не велика ($W^r=7\%$), то можно использовать воздушную сушку топлива, а реакционная способность позволяет транспортировать пыль в горелки сушильным агентом.

Для достижения требуемых экологических показателей сжигания ЭУ необходимо было добиться существенного снижения выбросов золы, оксидов серы и оксидов азота в атмосферу. Для решения первой задачи можно использовать электрофильтр или рукавные фильтры, применение последних более экономично. Оказалось, что для снижения выбросов оксидов серы нужно использовать NID-метод, а снижение выбросов оксидов азота может быть достигнуто таким крайне простым и эффективным режимным мероприятием, как нестехиометрическое сжигание топлива.

В рамках выполненной работы автором проведены расчеты мельниц и систем пылеприготовления, расчет воздушного баланса топки, расчет горелок. Сделана оценка надежности работы зоны активного горения с позиций шлакования экранов и достижения устойчивого горения на пониженных нагрузках, а также расчеты вредных выбросов.

Расчетами показано, что по всем параметрам разработанная технологическая схема сжигания соответствует существующим требованиям.

*А.Е. Малашеня, студент; рук. В.М. Супранов, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА СЖИГАНИЯ АНТРАЦИТА ДЛЯ КОТЛА Е-320-13,8-560АЖ

Сжигание низкорекреационного топлива и, в частности, антрацитового штыба (АШ), по-прежнему актуально для нашей страны, т.к. на юге России и за Уралом имеются значительные запасы углей с выходом летучих веществ V^{daf} от 3,5 до 18 %.

АШ обладает крайне низким $V^{daf}=3,5$ %, но имеет не слишком тугоплавкую золу ($t_{нж}=1450^{\circ}\text{C}$). Поэтому при реализации факельного сжигания целесообразно использовать топку с жидким шлакоудалением (ЖШУ). Такое решение, в совокупности с подогревом воздуха в двухступенчатом трубчатом воздухоподогревателе до 400°C , позволяет добиться достаточно экономичного сжигания с механическим недожогом не более 3–4 %.

АШ является трудноразмалываемым топливом и из-за низкого V^{daf} требует очень тонкого помола ($R_{90}=7$ %). Поэтому целесообразно применять шаровые барабанные мельницы (ШБМ). При работе топки с ЖШУ горелки не должны отключаться по топливу, иначе невозможен равномерный обогрев стен. Поэтому необходимо использовать пылесистемы с промбункером. Поскольку АШ взрывобезопасен, а влажность его 8,5 %, можно использовать воздушную сушку топлива. Но из-за низкой реакционной способности пыль необходимо транспортировать в горелки горячим воздухом, а отработанный сушильный агент подавать в топку через сбросные горелки.

Для достижения требуемых экологических показателей сжигания АШ необходимо было добиться существенного снижения выбросов золы, оксидов серы и оксидов азота в атмосферу. Для решения первой задачи можно использовать экономичные рукавные фильтры. Для снижения выбросов оксидов серы нужно использовать NID-метод. Снижение выбросов оксидов азота может быть достигнуто за счет двухступенчатого сжигания топлива, но его нужно организовать так, чтобы обеспечивался и надежный выход жидкого шлака.

В рамках выполненной работы автором проведены расчеты мельниц и систем пылеприготовления, расчет воздушного баланса топки, расчет горелок. Сделана оценка надежности выхода жидкого шлака на пониженных нагрузках, а также расчеты вредных выбросов до и после внедрения природоохранных мероприятий.

Расчетами показано, что по всем параметрам разработанная технологическая схема сжигания соответствует существующим требованиям.

*В.И. Крутицкий, асп.; С.К. Осипов, асп.;
рук. А.Е. Зарянкин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)*

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДВУХЪЯРУСНЫХ СТУПЕНЕЙ В ЦНД МОЩНЫХ ПАРОВЫХ ТУРБИН.

Характерной особенностью ЦНД мощных конденсационных паровых турбин является очень большое раскрытие проточной части, обусловленное резким ростом удельных объемов пара в области предельно низких давлений в их выходных сечениях. [1]

Это обстоятельство существенно осложняет проектирование высокоэкономичных последних ступеней ЦНД и является причиной ограничения предельных мощностей однопоточных паровых турбин. [2]

Для снижения остроты возникающих проблем предлагается рассмотреть вариант ЦНД с использованием специальных распределительных решеток.

Такое решение позволяет резко снизить потери от веерности, а при использовании предвключенных кольцевых решеток исключить из рассмотрения потери от большой перекрыши и вновь вернуться к использованию полуторного выхлопа для увеличения единичной мощности паровых турбин без дальнейшего увеличения длины лопаток последних ступеней.

В качестве реализации рассматриваемого решения на рис. 1 приведен продольный разрез ЦНД турбины К-200-130 с модифицированной проточной частью.

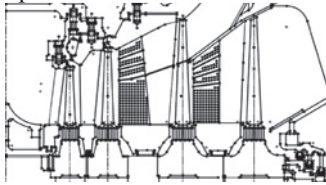


Рис. 1 Продольный разрез ЦНД турбины К-200-130.

В данном случае предлагается сместить в направлении движения пара ступень Баумана за счет уменьшения осевого размера между этой ступенью и последней ступенью ЦНД. В результате оказывается возможным установить перед сопловым аппаратом этих ступеней кольцевые распределительные решетки.

Проведенное математическое моделирование течений в таких сопловых диафрагмах подтвердило целесообразность предлагаемого способа управления потока подводимого к сопловым аппаратам.

Литература.

1. Щегляев А.В. Паровые турбины. М.: Энергоатомиздат, 1993.
2. Дейч М.Е., Трояновский Б.М. Исследования и расчет ступеней осевых турбин. М.: Машиностроение, 1964.

Р.С. Маслов, асп.; рук. К.А. Плешанов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ПОВРЕЖДЕНИЙ
ИСПАРИТЕЛЬНЫХ ТРУБ КОНТУРА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ
КОТЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ**

С развитием ПГУ и ГТУ увеличивается количество устанавливаемых котлов-утилизаторов (КУ), в основе работы которых заложены принципы естественной циркуляции. КУ проектируются на несколько контуров давления вплоть до 3-х. В каждом контуре давления надежность определяется исходя из различных явлений [1, 2]. Опыт эксплуатации КУ [3, 4] показывает, что они подвержены повреждениям труб, особенно контур низкого давления (НД). Для него характерны: нарушение циркуляции среды в контуре и эрозионно-коррозионный износ (ЭКИ) труб.

ЭКИ - сложный процесс, который может быть вызван сочетанием нескольких факторов, так и каждым из факторов по отдельности. К факторам, вызывающим ЭКИ, стоит отнести:

- скорости среды [3];
- конструкция проточной части (прямой участок, гиб, место сварки трубы, неправильное соединение труб и т.д.);
- водно-химический режим;
- теплогидравлическая разверка [4].

Необходимо определить какой вклад вносит каждый из факторов, вызывающих ЭКИ, при каких условиях эти факторы проявляют себя в большей и меньшей степени. Определив причины и параметры, ведущие к ЭКИ, можно разработать и обосновать технические и конструктивные решения, обеспечивающие надежность работы испарителей НД КУ.

Литература

1. **Плешанов К.А., Хохлов Д.А.** Исследование работы контура естественной циркуляции / Учебное пособие по курсу «Гидродинамика энергетических установок» для студентов, обучающихся по направлению «Энергетическое машиностроение». Москва, 2015.

2. **Росляков П.В., Плешанов К.А., Стерхов К.В.** Исследование естественной циркуляции в испарителе котла-утилизатора с горизонтальными трубами / Теплоэнергетика. 2014. №7. С.3.

3. **Никитин В.И., Беляков И.И., Бреус В.И.** Повреждения парообразующих труб контура низкого давления барабанного котла-утилизатора ПГУ-450 Северо-Западной ТЭЦ // Теплоэнергетика. 2009. №2. С. 27-34.

4. **Панков В.С., Смирнов Е.А.** Методы и способы борьбы с причинами повреждений паропроводящих труб контура низкого давления котлов-утилизаторов ПГУ // Проблемы эксплуатации котлов-утилизаторов парогазовых установок. Международная научно-техническая конференция, 26-27 апреля 2018 г. – М.: ОАО «ВТИ», 2018. С.72-78.

А.Д. Рожков, студ.; рук В.В. Попов, к.т.н., ст. преп. (НИУ «МЭИ»)
**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
КОНСТРУКЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК**

К настоящему моменту в Российской Федерации построено и введено в эксплуатацию большое количество ПГУ. Эти энергоблоки обладают достаточно высоким КПД. Параметры таких установок во многом зависят от характеристик используемых газотурбинных установок. Наиболее эффективными являются энергоблоки с мощными ГТУ (порядка 200-300 МВт).

Достаточно остро стоит вопрос создания отечественных энергетических ГТУ большой мощности. Эти установки могли бы использоваться в составе ПГУ и прийти на замену иностранным газовым турбинам. Эксплуатация иностранных ГТУ позволила ближе познакомиться с технической философией современного газотурбиностроения.

При проектировании современных энергетических газовых турбин необходимо учитывать основные перспективные направления совершенствования ГТУ [1]:

- Повышение КПД турбины и компрессора с помощью 3D проектирования и профилирования проточных частей. Соблюдении баланса напорности и экономичности ступеней компрессора позволяет при уменьшении количества ступеней сохранить как высокой КПД, так и высокие степени повышения давления.
- Повышение параметров продуктов сгорания перед турбиной требует применения новых жаропрочных материалов, специальных покрытий, а так же аддитивных технологий для изготовления лопаточного аппарата первых ступеней.
- В современных мощных ГТУ количество воздуха, отбираемого на охлаждение, составляет порядка 15-20% от общего расхода. Снижение расхода охлаждающего воздуха за счет совершенствования системы охлаждения способно улучшить эффективность ГТУ.
- Применение ступенчатого сжигания топлива или же использования малозмиссионной камеры сгорания позволяет укладываться в рамки экологических показателей выбросов оксидов азота и углекислого газа.

Современный уровень развития 3D печати позволяет использовать аддитивные технологии при изготовлении лопаточного аппарата. В настоящей работе проведен анализ опыта применения данных методов в газотурбиностроении. Выбраны оптимальные материал и технология для создания рабочей лопатки ступени газовой турбины.

Литература

1. **Ольховский Г.Г.** Тепловые испытания мощных энергетических ГТУ. М.: Фолиум, 2015.

*И.П.Лавырев, М.А. Черкасов, аспиранты;
рук. А.Е. Зарянкин, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

СТОПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩИЙ КЛАПАН НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ПАРОВЫХ ТУРБИН ТЭС И АЭС

Совмещенные стопорно-регулирующие клапаны чаще всего используются в турбинах с большими объемными расходами пара, что позволяет существенно сократить массогабаритные показатели органов парораспределения указанных турбин.

В этом случае, однако, существенно сокращается свободный для прохода пара объем клапанной коробки и, соответственно заметно растет гидравлическое сопротивление указанных блоков.

Для снижения этого сопротивления предлагается новый стопорно-регулирующий клапан, золотники которого перемещаются не в сплошных, а в клетковых направляющих стаканах, что позволяет существенно расширить свободное пространство внутри корпуса клапана для прохода пара к двухстороннему седлу.

Для сохранения центровки клапанного блока относительно двухстороннего седла используется специальный центрирующий диск, позволяющий эксплуатировать блок клапанов как в вертикальном, так и в горизонтальном положении.

Блок клапанов выполнен по кинематической схеме, характерной для стопорно-регулирующих блоков фирмы «АВВ», когда первым по ходу пара располагается регулирующий клапан.

Как стопорный, так и регулирующий клапан блока выполнены разгруженными от больших осевых усилий. Однако, при всех положениях клапанов на их штоках сохраняется сила, обеспечивающая закрытие клапанов при отрыве их штоков.

Расчетное гидравлическое сопротивление рассматриваемого блока клапанов при полном их открытии с учетом сопротивления защитной сетки составляет 2,2% от начального давления пара. При этом можно ожидать, что при использовании рассматриваемого стопорно-регулирующего клапана заметно снизится и уровень динамических нагрузок на все элементы клапана.

Литература

1.Зарянкин А.Е., Симонов Б.П. Регулирующие и стопорно-регулирующие клапаны паровых турбин. М.: Издательство МЭИ, 2005.

*М.А. Черкасов, И.П.Лавырев, аспиранты;
рук. А.Е. Зарянкин, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ СКОРОСТИ ДЛЯ БЕЗГРАДИЕНТНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ И ЕГО РАСЧЕТ НА БАЗЕ ЭТОГО ПРОФИЛЯ

При расчете ламинарного пограничного слоя на базе интегрального соотношения Т. Кармана профиль скорости аппроксимируется степенным полиномом, коэффициенты которого определяются на основе двух граничных условий на стенке и двух условий на внешней границе пограничного слоя. При этом три условия вытекают из определения пограничного слоя, а четвертое (на стенке) следует из уравнения Л. Прандтля для пограничного слоя.

В турбулентном слое используется степенная аппроксимация профиля скорости на основе прямых опытных данных с показателем степени, являющийся функцией числа Рейнольдса. Полученный таким образом степенной профиль удовлетворяет только двум граничным условиям и, соответственно, расчеты пограничного слоя на основе этого профиля дает определённую погрешность.

Широко известный логарифмический профиль скорости в своей исходной форме вообще не удовлетворяет ни одному из трех естественных граничных условий.

В этой связи в теоретическом плане представляется важным найти аналитическое описание реальных профилей в турбулентном пограничном слое (универсальный профиль), используя ту же методику его определения, которая используется при определении формы профиля скорости в ламинарном пограничном слое.

В представленных материалах рассматривается такой универсальный профиль скорости на базе степенного полинома, удовлетворяющим всем четырем граничным условиям с добавочным параметром, учитывающий как тип течения в пограничном слое, так и влияние на этот слой числа Рейнольдса.

На базе этого профиля проведено определение всех интегральных толщин пограничного слоя при безградиентном течении и даны сопоставления расчетных значений с опытными данными.

Литература

1.Зарянкин А.Е.Механика несжимаемых и сжимаемых жидкостей.М.: Издательство МЭИ, 2014.

*А.Б.Кудашева, студ., рук-ли Е.В. Макаревич к.т.н., доцент,
О.М.Митрохова к.т.н., доцент (НИУ "МЭИ")*

ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЦНД ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ ТУРБИНЫ Т-250/300-240 ТМЗ

Турбины Т-250/300-240 занимают центральное место в России, обеспечивая потребителей тепловой и электрической энергией. Но в теплофикационном режиме ЦНД этих турбин не вырабатывают полезной мощности, а потребляют ее. В этой связи, естественно, возникает вопрос, каким образом можно более эффективно использовать энергию пара. Одним из решений этой проблемы является использование сварного ротора с внутренним торсионным валом (рис.1) [1].

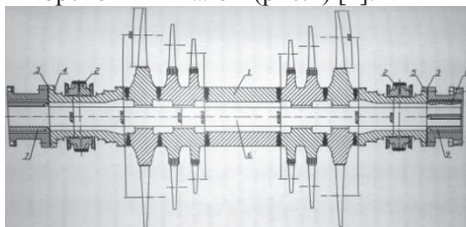


Рис.1 Сварной ротор и соосный вал ЦНД турбины Т-250/300-240
1 - внешний вал; 2 - опорный подшипник внешнего вала; 3 - разъемное кольцо; 4 - призонный болт; 5 - полумуфта ЦНД; 6 - внутренний вал; 7,9 - шпонки; 8 – проставок

Принцип работы такой схемы заключается в том, что при работе турбины по тепловому графику крутящий момент на вал генератора передается с помощью вала-проставки и ЦНД выводится из работы. При полном отключении ЦНД в теплофикационном режиме тепловая мощность турбины может быть увеличена на 21,6% от существующей тепловой мощности, одновременно достигается и увеличение электрической мощности на 1,5% от номинальной мощности. Таким образом экономический эффект от реализации предлагаемого решения сопоставимо с затратами на создание нового ЦНД с получением дополнительного отпуска полезной продукции.

Преимуществами данного решения является:

1. ЦНД турбины легко приводится в работу на конденсационном режиме;
2. Весь пар проходящий через ЦНД будет использоваться в теплофикационных целях;
3. При таком варианте полностью исключаются вентиляционные потери энергии.

Литература

1.Фичорьяк О.М. Исследования и разработка способов повышения эффективности работы мощных теплофикационных турбин//Диссертация М.:2007

*Д.К. Летов, студ.; рук-ли В.Г. Грибин, д.т.н., проф.; В.А. Тищенко,
к.т.н. (НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИИ ОТВЕРСТИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ

В настоящее время актуальна проблема повышения экономичности работы как новых газотурбинных установок (путем повышения температуры продуктов сгорания перед первой ступенью газовой турбины), так и уже существующих. Одним из направлений решения данной задачи является оптимизация конвективно-заградительного охлаждения. Это позволит обеспечить приемлимые условия работы материала лопаточного аппарата при высоких температурах продуктов сгорания и сниженном расходе охлаждающего воздуха. Важную роль в эффективности системы охлаждения играет процесс формирования слоя охлаждающего воздуха на поверхности термобарьерного покрытия лопаток газовых турбин. Его структура и газодинамические характеристики определяются геометрией отверстия выдува.

В работе представлено исследование эффективности охлаждения для отверстий различной геометрии (рис. 1). Проведен численный газодинамический расчет формирования охлаждающей завесы на поверхности лопатки газовой турбины. При этом учитывался теплообмен между металлом, термобарьерным покрытием и рабочим телом. Рассмотрена структура слоя охлаждающего воздуха для отверстий различной геометрии, определена эффективность охлаждения и поля температур в металле вблизи выдува. Полученные данные позволили изучить влияние геометрии канала на характер пространственного течения охлаждающего воздуха.

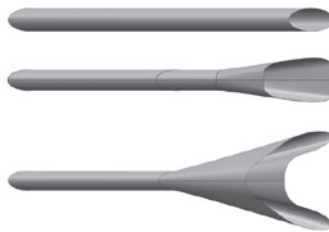


Рис. 1. Исследуемые геометрии выходных отверстий. Цилиндрическое (сверху), веерообразного (посередине), некомпактного (нижнее).

Литература

1. **Journal of Propulsion and Power** Vol. 22, March-April 2006

А.А. Сорунзан, студ.; рук. Д.А. Хохлов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**АНАЛИЗ И ВЫБОР КОНКРЕТНОГО ВИДА БИОТОПЛИВА
ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПЕРСПЕКТИВНОЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ**

Актуальной проблемой в последнее время в мире является «парниковый эффект». Из-за сжигания ископаемых видов топлива для последующего получения энергии, в атмосферу выбрасываются огромные количества CO_2 и других парниковых газов, которые легко смешиваются с составом атмосферы и создают пленку, удерживающую часть излучения отраженного от поверхности земли, которая ведет к повышению температуры атмосферы.

Одним из способов решения этой проблемы является переход на сжигание биотоплива. Использование биотоплива в странах ЕС развивается достаточно быстрыми темпами. В России это не так сильно распространено, но имеет определённые перспективы.

В данной работе было рассмотрено применение биотоплива для выработки электроэнергии на газотурбинной установке (ГТУ), работающей в составе парогазовой установки (ПГУ). Сжигание биотоплива в данном случае реализуется в камерах сгорания ГТУ.

Данный проект состоит из нескольких задач, первой из которых является обоснованный выбор вида сжигаемого биотоплива. Выбор наиболее эффективного и сравнительно дешевого вида биотоплива является трудоёмкой задачей. Необходимо учитывать несколько критериев, таких как распространённость, стоимость, важные для горения характеристики биотоплива (калорийность, зольность, влажность), а также применимость к факельному сжиганию в камерах сгорания ГТУ.

Для выбора вида биотоплива был произведен сравнительный анализ различных видов древесины: сосна, ель, береза, ольха и осина; различных видов солом зерновых культур: рожь, пшеница, ячмень и овес; фрезерного торфа, органических отходов предприятий птицефабрик, отходов деревообрабатывающей промышленности. Для сравнения основными характеристиками были выбраны низшая теплота сгорания, зольность и плотность топлива. Наиболее выгодными по калорийности являются древесные топлива, обладающие также большей плотностью и малой зольностью.

Факельное сжигание различных видов биотоплива возможно, однако это требует проведения дополнительного анализа ввиду необходимости учёта ряда важных факторов, таких как способность топлива к размолу, анализ возможных технологий его подготовки к сжиганию, исследование вопросов высокотемпературной коррозии и т.д.

А.Р. Галин студент; рук-ли В.В. Попов, к.т.н., ст. преп.; И.Ю. Гаврилов, к.т.н., ст. преп. («НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБОГРЕВА СОПЛОВЫХ ЛОПАТОК НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКА ВЛАЖНОГО ПАРА

Наличие двухфазного потока в проточной части паровой турбины, приводит к снижению КПД всей турбоустановки. Согласно общепринятой приблизительной оценке КПД турбоустановок 1% влажности приводит к увеличению потерь на 1 %. Кроме этого длительное воздействие влаги, в первую очередь крупнодисперсной, может приводить к размывам и опасным повреждениям элементов проточных частей паровых турбин, в результате чего снижается не только надежность но и экономичность турбоустановки.

К настоящему моменту в паротурбиностроении разработан и успешно применяется ряд методик снижения воздействия влажности на эффективность и надежность работы турбоагрегатов. Одним из наиболее перспективных методов борьбы с эрозийным износом является обогрев направляющих лопаток. Согласно имеющимся данным использование этого способа влагоудаления не только снижает эрозию рабочих лопаток [1], но и повышает КПД турбины [2].

Не смотря на преимущества обогрева сопловых лопаток перед другими методами борьбы с воздействием влаги, количество опубликованных работ по опыту его применения в реальных турбоустановках невелико. Согласно [3] эффективность данного метода в существенной степени зависит от количества подводимой теплоты и режима течения жидкой плёнки по поверхности лопатки.

В настоящей работе проведено исследование обогрева сопловых турбинных лопаток на течение влажного пара в ступени. Определено влияние температуры греющего пара на эффективность влагоудаления.

Литература

1. **Аверкина Н.В., Качуринер Ю.Я., Орлик В.Г., Сухарев Ф.М., Филаретов М.А.** Опыт промышленного применения обогрева направляющих лопаток для снижения эрозии влажно-паровых турбинных ступеней // Теплоэнергетика, № 2, 2004. с. 24-28.
2. **Фролов В.В., Троицкий А.А., Розанов Н.А.** Экономичность влажно-паровых турбинных ступеней с обогреваемыми сопловыми лопатками // Труды МЭИ, турбомашин, № 663, 1993. с. 48-56.
3. **Троицкий А.Н.** Особенности процесса испарения плёнки на поверхности обогреваемой сопловой лопатки в турбинной ступени // Энергосбережение и водоподготовка, № 5, 2008. с. 41-44.

*А.Ю.Макаров., студ., Д.М.Андреанов., студ.;рук-ли Гаврилов И.Ю.,
к.т.н., Тищенко В.А., к.т.н
(НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКАНАЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЛОПАТОК ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ

Развитие аддитивных технологий позволяет реализовать каналы охлаждения сложной геометрии, что может обеспечить увеличение КПД газотурбинной установки в первую очередь за счет сокращения расхода охлаждающего воздуха.

Из рассмотренных в работе [1] способов охлаждения, перспективным является микроканальное охлаждение. Показано, что микроканальное охлаждение, по сравнению с классическими методами позволяет: уменьшить расход охлаждающего воздуха на 25 %, температурные напряжения на 50 %, затраты на охлаждение на 40 %.

Для определения показателей эффективности данного метода был спроектирован экспериментальный стенд для моделирования, как классического конвективно-пленочного охлаждения, так и микроканального. Модель стенда представлена на рисунке 1.

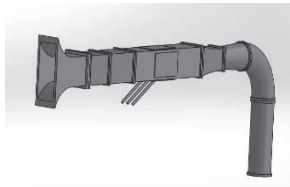


Рис. 1. Модель стенда

Для определения эффективности охлаждения будет использоваться тепловизор, который позволит определить поле температур стенки исследуемой модели. Одним из важных показателей эффективности охлаждения является структура формируемой струи. Для исследования характеристик струи предусмотрено использование системы трассерной визуализации потока на базе комплекса «ПОЛИС». Система лазерной диагностики, в которой реализован алгоритм Stereo-PIV измерений, позволяет определять 3-х компонентное поле скоростей засвеченных трассеров на плоскости. Размер вводимых в поток трассеров не будет превышать 1 мкм.

Полученные результаты позволят определять не только эффективность рассматриваемых методов охлаждения, но также апробировать расчетные модели.

Литература

1. **Bunker R.S** Gas turbine cooling: moving from macro to micro cooling. Proceedings of ASME Turbo Expo 2013, Paper No. GT2013-94277, Texas, USA, 2013.

Г.А. Любишин, студ.; рук. В.Г. Грибин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДЯНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ СОПЛОВОГО АППАРАТА ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ.

В текущее время наиболее эффективным способом увеличить коэффициент полезного действия (КПД) газотурбинной установки является повышение температуры газов перед турбиной. Для достижения высоких параметров рабочего тела применяют открытую схему охлаждения лопаточного аппарата. При этом расход воздуха на охлаждение может достигать до 25% от общего расхода воздуха на входе в компрессор, из которого на охлаждение сопловых лопаток первой ступени расходуется 40% и рабочих лопаток 20%, охлаждающего воздуха [1]. Дальнейшее увеличение расхода воздуха приводит к уменьшению КПД, поэтому в новых установках используются другие меры. К примеру, применение сложных циклов ГТУ: подогрев рабочего тела в турбине (вторая камера сгорания), охлаждение воздуха в компрессоре и т.д. Как показано в работе [2] это не дало существенных результатов.

Одним из возможных путей сокращения расхода охлаждающего воздуха, является применение водяного охлаждения статорных элементов турбины. Оно позволяет реализовать замкнутую систему охлаждения, что улучшит аэродинамические характеристики профиля. Кроме этого это приведет к сокращению количества отбираемого воздуха из компрессора. Совокупность этих двух факторов может привести к существенному повышению КПД газотурбинной установки.

В данной работе для обзора данного решения была создана модель полый сопловой лопатки с каналами для циркуляции охлаждающей воды на основе имеющихся патентных предложений. Проведено численное моделирование статорной решетки с водяным охлаждением. При газодинамическом расчете учитывались процессы переноса тепла между рабочим телом, холодным теплоносителем и материалом лопатки. Рассмотрено несколько режимов течения воды в каналах, характеризующихся числом Рейнольдса на входе в лопатку. Определено распределение эффективности охлаждения на поверхности лопаточного аппарата, а также поля температур внутри металла статора.

Литература

1. **А.Г. Костюк, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний;** под ред. А.Д. Трухния. Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций: учебник для вузов. – М. : Издательский дом МЭИ, 2018.
2. **Ольховский Г.Г.** Парогазовые установки: вчера, сегодня, завтра (обзор) // Теплоэнергетика. – 2016, №7.

А.С. Акатов, асп.; А.С. Зонов, студ.;
рук. А.Е. Зарянкин, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

НОВЫЙ ПОВОРОТНЫЙ РЕГУЛИРУЮЩИЙ КЛАПАН.

Практически все регулирующие клапаны мощных паровых турбин выполняются по единой кинематической схеме, согласно которой седло клапан совершает относительно седла возвратно - поступательные перемещения. В этом случае статическое осевое усилие на штоке необходимое для перестановки золотника растет прямо пропорционально начальному давлению пара, а нестационарность течения влечет за собой появления на штоке больших динамических нагрузок. [1]

Эти серьезные недостатки отсутствуют в представленном на рис. 1 новом поворотном клапане, разработанном для замены стандартных клапанов турбины К-200-130 ЛМЗ.

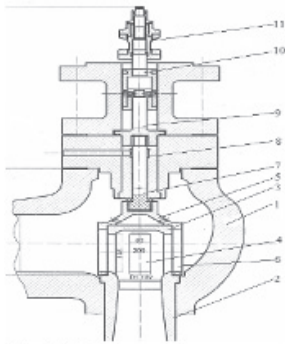


Рис. 1 Поворотный регулирующий клапан.

Новый клапан состоит из стандартного корпуса клапанной коробки 1, внутри которого запрессовано деффузорное седло 2, выполненное совместно с входным цилиндром 3. На боковой поверхности этого цилиндра прорезаны восемь прямоугольных окон 4 для прохода пара к диффузорному седлу.

Окна 4 перекрываются цилиндрической поворотной диафрагмой 5 с ответными окнами 6. Поворотная диафрагма 5 с помощью шлицевого соединения связана с первым штоком 7, выполненным совместно с кольцевым клапаном 8, предотвращающим утечку пара вдоль штока 7.

Шток 7 соединяется с промежуточным штоком 9, который в свою очередь связан с выходным штоком 10, обеспечивающим с помощью поворотной муфты 11 преобразование поступательного движения штока сервомотора во вращательное движение штоков 7, 9, 10.

Проведенное моделирование течений пара в проточной части клапана показало, что в диффузорном седле клапана при всех положениях поворотной диафрагмы отсутствует отрыв потока от ступени, а при полном открытии клапана потеря давления в нем не превышает 0.7% от начального давления пара.

Литература.

1. Зарянкин А.Е., Симонов Б.П. Регулирующие и стопорно-регулирующие клапаны паровых турбин. М.: издательский дом МЭИ, 2005.

К.С. Южанин, студ.; рук. П.В. Росляков, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
 РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ**

Эффективное сжигание топлива — важная и актуальная проблема энергетики, поскольку позволяет обеспечивать максимальный КПД. В качестве основных показателей эффективности и экологичности сжигания выступают полнота выгорания топлива, выбросы вредных веществ в атмосферу и надёжная работа котла. Одним из эффективных путей решения данной проблемы является реализация сжигания топлива с умеренным контролируемым химическим недожогом [1], для чего необходима точная регулировка соотношения подачи топлива и воздуха, а также непрерывный контроль процесса горения. Это в свою очередь требует внедрения систем автоматического регулирования (АСР). АСР может обеспечить не только экономичную работу котла, но и минимальные выбросы загрязняющих веществ, контроль которых ведётся в соответствии с федеральным законодательством РФ.

В данной работе рассмотрен вопрос внедрения АСР для практической реализации способа умеренного контролируемого химического недожога топлива. С этой целью необходимо обеспечить текущий контроль содержания O_2 , CO , NO_x в уходящих газах, а также плавную корректировку процесса подачи общего воздуха при изменении нагрузки котла или нестабильности теплоты сгорания топлива. При этом концентрации маркерных (загрязняющих) веществ не должны превышать технологические показатели ИТС 38-2017. Регулирование процесса обеспечивается подачей необходимого количества воздуха для обеспечения требуемых уровней недожога в рабочем диапазоне нагрузок рис. 1.

В результате в зоне горения происходит подавление образования оксидов азота NO_x на 20-40% при одновременном контролируемом увеличении содержания CO в уходящих газах. При этом суммарная токсичность продуктов сгорания, включая выбросы NO_x , CO и бен(а)пирена БП, согласно проведенным исследованиям снижается в 1,5 - 2 раза.

Литература

1. **Росляков П.В.** Методы защиты окружающей среды М.: Издательский дом МЭИ, 2007.

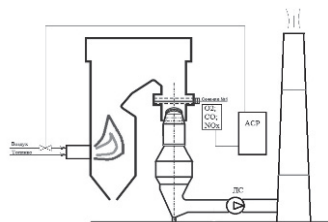


Рис. 1. Пример реализации АСР.

*Д. А. Шумилин, студент; рук. С. А. Серков, к.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

АНАЛИЗ РАБОЧИХ ТЕЛ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ТУРБОМАШИН НА ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ НА ВОЗВОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ

Важнейшим звеном в распределенной теплоэнергетике является двигатель в сочетании с генератором. Вопрос об утилизации потерь тепла в различных видах произ-

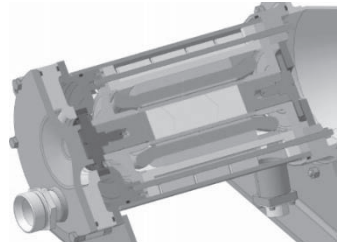


Рис. 1. Турбогенератор

водств решается установкой маломощных (10-100 кВт) высокоскоростных турбинных установок, работающих на низкокипящих жидкостях (рис. 1). Такие же установки могут применяться для автономной и бесперебойной выработки электроэнергии и тепла в районах с недостатком инфраструктуры для централизованного энергоснабжения населенного пункта, источником тепла для которых могут служить: уголь, пеллеты, уходящие газы и т.д. Для достижения оптимальных параметров применяют газодинамические подшипники и силовую электронику МЭИ.

Для такого типа машин предложено большое количество рабочих тел, однако применение многих из них, как показывает технико-экономический анализ, нецелесообразно. Так как в настоящий момент нет единого алгоритма проектирования установок такого типа, был проведен численный расчет эффективности установок на самых распространенных фреонах для применимости их в процессе выработки тепловой и электрической мощности.

Было установлено, что перспективными путями конструирования установок являются проектирование их на фреонах R318 и R245fa для температурных диапазонов от 250°C - 300°C и от 150°C-250°C соответственно при данных электрических мощностях. При этом для одноступенчатых турбогенераторов термический к.п.д. достигает 24%

Литература

- 1. Томаров Г.В и др.:** А.А. Геотермальная энергетика: Справочнометодическое издание, «Интехэнерго-Издат», «Теплоэнергетик»: 2015.
- 2. Дж. Перри:** Справочник инженера-химика, «Химия»: 1969: Том 1.

*М.С. Постникова, Д.Б. Куроптев, студ.; Т. Падашмоганло, асп.;
рук. А.Е. Зарянкин, д.т.н., проф.
НИУ «МЭИ»*

ГАСИТЕЛИ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПОЛЕЙ СКОРОСТЕЙ ВО ВХОДНЫХ И ВЫХОДНЫХ ПАТРУБКАХ ТУРБОМАШИН

Среди факторов, влияющих на экономичность и надежность паровых и газовых турбин, важное место занимают системы подвода к соответствующим лопаточным проточным частям рабочих сред и системы их отвода от последних ступеней этих машин.

Наибольшие сложности в газовых турбинах возникают при угловом подводе воздуха к первой ступени компрессора, а в паровых турбинах при подвальном расположении конденсатора - в системе отвода пара от последней ступени турбомашин.

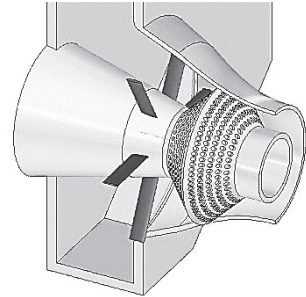


Рис. 1. Новый объемный гаситель неравномерности полей скоростей

Как в первом, так и во втором случаях в угловых патрубках указанных турбин имеет место крайне неравномерное распределение скоростей в поперечных сечениях их проточных частей, что ведет к снижению КПД и вибрационной надежности роторов паровых и газовых турбин.

В представленных материалах предложен возможный вариант решения обозначенной проблемы за счёт установки в выходных сечениях угловых патрубков специальных гасителей неравномерности полей скоростей.

Естественно, введение в проточную часть патрубков добавочных устройств влечет за собой увеличение суммарных гидравлических потерь. Соответственно, необходимо, чтобы величина добавочных гидравлических потерь при использовании гасителя неравномерности перекрывалась увеличенной экономичностью проточных частей компрессоров и турбин.

На рис. 1 приведен новый объемный гаситель неравномерности полей скоростей, установленный во входном сечении компрессора ГТУ, обеспечивающий практически равномерное поле скоростей перед входом воздуха в первую ступень компрессора.

Проведенная конструктивная разработка гасителя и его последующее исследование на основе математического моделирования течения в рассматриваемом патрубке показало, что внесенное добавочное сопротивление составляет 1950 Па. Достижимый при этом конечный результат сводится к повышению вибрационной надежности ротора компрессора и способствует смещению границы помпажа в сторону меньших расходов воздуха.

*К.И. Фролов студ.; рук-ли А.Е.Булкин, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»),
А.Д. Меламед, гл.эксп. по автомат. (ЗАО «Иитеравтоматика»).*

РАБОТА САРЧМ БЛОКА В РЕЖИМАХ С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОГРАНИЧЕНИЕМ ПО ГАЗОВОЙ ТУРБИНЕ

Режим работы с технологическим ограничением (ТО) по газовой турбине (ГТ) – это режим, при котором конечное задание оператора не может быть выполнено исходя из требования по поддержанию температуры за ГТ постоянной. Это связано с тем, что максимальная мощность блока ПГУ существенно зависит от температуры наружного воздуха, а значит изменяется как в течение дня, так и с течением времени года [1].

Режим с ТО ГТ обусловлен работой стерегущего регулятора температуры, ограничивающего верхний предел нагрузки. Ограничение реализуется путем выделения минимального из двух сигналов – стерегущего регулятора температуры и регулятора мощности в локальной системе управления (ЛСУ) ГТ. ПИ-регулятор мощности ЛСУ ГТ получает задание по мощности от САРЧМ блока, сформированное на основе конечного задания, выставленного оператором, и на основе небаланса с текущей мощностью ГТ формирует на выходе задание по положению топливных клапанов. Когда задание оператора превышает возможности ГТ, мощность турбины устанавливается на максимально возможной при данных условиях величине (положение клапанов на выходе стерегущего регулятора температуры, проходящее через выделитель минимума). Без должной реакции на данный режим от САРЧМ на входе регулятора мощности ГТ формируется постоянный положительный небаланс, уводящий в процессе работы с ТО регулятор в крайнее верхнее положение, что существенно замедляет его работу при необходимости дальнейшей разгрузки.

В работе представлено техническое решение, разработанное для ПГУ-110 Прегольской ТЭС, по реализации алгоритмов работы блочного регулятора частоты/мощности (САРЧМ) в режимах с ТО ГТ, построена математическая модель блока в среде Simulink и приведены результаты испытаний модели для режимов работы с ТО ГТ.

Литература

1. **А.Г. Костюк, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний;** под ред. А.Д. Трухния. Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций: учебник для вузов. – М. : Издательский дом МЭИ, 2018.

*А.У. Каримова, студент; рук. Д.А. Хохлов, к.т.н., доц.
(НИУ МЭИ, Москва)*

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК РАСЧЁТА ТЕПЛООБМЕНА В ПОТОКЕ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПГУ

С развитием энергетики всё больше поднимается вопрос об эффективности работы основного оборудования. Повышение температуры и давления перегретого пара сопряжено и ограничено необходимостью освоения новейших материалов, стоимость которых не позволяет планировать их крупномасштабное использование. Поэтому непрерывно идёт поиск других подходов к увеличению эффективности выработки электроэнергии.

Данная работа направлена на исследование методов расчёта теплообмена под давлением для проектирования нового высоконапорного котла-утилизатора для использования в составе перспективной ПГУ. Конкретные задачи сводились к поиску и анализу существующих методик по расчёту теплообмена и решению на их основе серии модельных задач. Избранные методики сравнивались по нескольким критериям для выбора наиболее подходящей.

Расчёт производится для общих исходных данных в широко апробированной программе Boiler Designer. Последняя применяется для проведения различных расчётов по теплотехническому оборудованию. Расчёты основаны на нормативном методе [1], который даёт очень скудную информацию о расчёте процессов теплообмена под давлением продуктов сгорания. После этого планируется провести CFD-моделирование изучаемых процессов и сравнение результатов с данными анализа и результатами расчётов в программе Boiler Designer.

Большая часть найденных исследований относилась к области химии направлена на жидкости. Это привело к необходимости поиска соответствующих характеристик процессов для газов. Важной задачей являлся поиск существенных отличий в структуре методик при их использовании под избыточным давлением и без него, который стал бы основным фактором, определяющим степень интенсификации теплообмена.

На основе этих данных будет сформирован подход для проектирования поверхностей нагрева котла-утилизатора с последующим его использованием как промежуточной ступени между ступенями газовой турбины. Дальнейшая работа будет направлена на проработку детальной конструкции котла и режимов его работы.

Литература

1. Кузнецов Н.В., Митор В.В., Дубовский И.Е., Карасина Э.С. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. (ред.). 1973

*А.Д. Водениктов, студ., А.В. Овечкин, асп.; рук. Ю.В. Абасев, к.т.н., доц.
(КГЭУ, Казань)*

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПАРОВОГО СИТА СТОПОРНОГО КЛАПАНА С УМЕНЬШЕННЫМ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

Паровое сито – является неотъемлемой частью современных стопорных клапанов паровых турбин, предназначенной для защиты от попадания в проточную часть инородных тел (окалины, сварочного грата и т.п.), которые могут содержаться в потоке пара, поступающего в турбину. Паровое сито относится к активным способам защиты от абразивного износа лопаточных аппаратов первых ступеней цилиндров высокого и среднего давления паровых турбин. Кроме того, паровое сито является стабилизатором потока, и позволяет предотвратить циркуляционное течение в стопорном клапане и тем самым снизить его гидравлическое сопротивление.

Важной характеристикой парового сита, определяющей его гидравлическое совершенство, является коэффициент гидравлического сопротивления, влияющий на экономичность турбоагрегата.

В ходе исследования, авторы провели анализ факторов, влияющих на работу паровых сит, их аварийность, особенности эксплуатации, а также оценили гидравлическое совершенство различных конструкций. В результате CFD анализа подтвердились циркуляционный характер течения пара в стопорных клапанах и необходимость сита как стабилизатора потока.

Сегменты разработанных конструкций были испытаны на стенде; результаты эксперимента подтверждают улучшенные аэродинамические характеристики предлагаемых вариантов. Разработанные конструкции паровых сит могут быть без труда интегрированы в стопорные клапаны отечественных турбин с целью повышения экономичности энергоблока.

Литература

1. **ГОСТ 23269-78.** турбины стационарные паровые. термины и определения.
2. **Тхабисимов А. Б.** Повышение абразивной стойкости лопаточного аппарата первых ступеней цилиндров высокого и среднего давления мощных паровых турбин.
3. **Ковалевский М. М.** «Качественная оценка конструкций паровых турбин», Машгаз, Москва, Свердловск, 1963.
4. **Peng Wang, Yingzheng Liu.** Influence of a circular strainer on unsteady flow behavior in steam turbine control valves.

Р.В. Коротков, студент; рук. А.Е. Булкин, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВАРИАНТОВ САРЧМ ЭНЕРГОБЛОКА №1 800 МВт ПЕРМСКОЙ ГРЭС ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ НА ИЗОЛИРОВАННЫЙ ЭНЕРГОРАЙОН НА БАЗЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГОБЛОКА

15 июня 2017 года в результате отключения автотрансформатора 2АТ отключился энергоблок №1 Пермской ГРЭС мощностью 800 МВт. Из-за резкой потери мощности начала срабатывать противоаварийная автоматика (автоматическая разгрузка). В итоге Пермско-Закарский энергоузел (Пермь и прилегающие города) перешел на изолированную от Единой энергосистемы работу, потеряв около 350 МВт мощности (бытовых потребителей и местной промышленности).

Внезапный первоначальный небаланс мощности привел к повышению частоты до 51,78 Гц в первом цикле колебаний. Глубокие колебания частоты и мощности продолжались на последующих циклах, после которых был отключен регулятор мощности.

Целью исследования являлось определение условий возникновения незатухающих колебаний частоты и мощности. Для этого было выполнено предварительное исследование на математической модели процессов перехода энергоблока на изолированный энергоузел.

Математическая модель энергосистемы включает модели основного оборудования (котел, паровая турбина, гидравлическая часть системы регулирования, БРОУ) и модели системы автоматического регулирования частоты и мощности (САРЧМ). Для исследования процессов перехода энергоблока на изолированный режим использована упрощенная модель генератора и энергосистемы.

На основании полученных результатов разработаны и предварительно проверены усовершенствованные алгоритмы САРЧМ с целью недопущения незатухающих колебаний частоты и мощности. Окончательное их исследование будет проведено в НТЦ СО.

Литература

1. **Булкин А. Е.** Автоматическое регулирование энергоустановок. М.: МЭИ. 2009.
2. **А.Г. Костюк, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний;** под ред. А.Д. Трухния. Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций: учебник для вузов. – М. : Издательский дом МЭИ, 2018.

А.А. Шмелев, студ.; рук. В.М. Супранов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ПАРОГЕНЕРАТОР СО СПИРАЛЬНОЙ
НАВИВКОЙ ПАРПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 2100 Т/Ч
ДЛЯ АЭС С ВВЭР**

Одной из перспектив для развития энергетической составляющей в нашей стране является ядерная энергетика. Приоритетом эксплуатации АЭС являются безопасность и экологичность.

Сейчас на АЭС в России используются только горизонтальные парогенераторы (ПГ), потому что они давно выпускаются и освоены отечественной промышленностью.

В данной работе сделана попытка создания конструкции ПГ АЭС вертикального типа, со спиральной навивкой. Преимуществами таких ПГ являются лучшая, по сравнению с горизонтальными ПГ, компоновка с реактором и надежность естественной циркуляции. Кроме того, спиральная поверхность нагрева позволяет компенсировать температурные напряжения и имеет равную длину труб пучка. Последнее обстоятельство позволяет обеспечить одинаковые расходы теплоносителя в трубах.

По ходу разработки конструкции автором выполнены расчет теплового баланса, тепловой, компоновочный, прочностной и экономический расчеты. По сути, определена оптимальная скорость теплоносителя, при которой достигается минимум суммарных затрат.

В процессе проектирования были приняты следующие основные конструктивные решения:

- размещение коллектора раздачи питательной воды в нижней части ПГ;
- использование двухступенчатой схемы сепарации пара;
- применение выемной втулки;
- соосное расположение патрубков входа и выхода теплоносителя.

Характеристики разработанного парогенератора АЭС:

- паропроизводительность - 2100 т/ч;
- тепловая мощность ПГ - 1103 МВт;
- скорость теплоносителя в трубах - 5 м/с;
- площадь поверхности теплообмена - 8250 м²;
- внешний диаметр парогенератора - 4290 мм;
- габаритная высота ПГ - 20075 мм;
- масса парогенератора - 415 т.

Естественно, что ПГ с такой большой тепловой мощностью имеет значительные габариты, поэтому его нужно перевозить водным транспортом.

Секция 49
ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ, НАДЕЖНОСТИ
И КОНСТРУИРОВАНИЯ

Руководитель секции: Кузнецов Сергей Федорович
Секретарь секции: Шипков Андрей Анатольевич

*В.Н. Зеликов, П.А. Кудинов, аспиранты (НИУ «МЭИ»);
рук. И.Ю. Морин, к.т.н., зав. сектором (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДА

В долгосрочной перспективе энергетическая стратегия России предполагает широкомасштабное освоение нефтегазоконденсатных месторождений, расположенных в труднодоступных регионах с суровым климатом. Помимо выбора и обоснования конструктивных и технологических особенностей строительства трубопроводной инфраструктуры, также важно получать подробные данные о ее состоянии в процессе эксплуатации.

На целостность трубопровода может влиять множество факторов: сезонные изменения состояния грунтовых оснований, просадки и пучения многолетнемерзлых грунтов, карстовые провалы, оползни, перемещающийся рельеф дна для морского трубопровода. По причине возникновения продольных и поперечных перемещений происходит изменение напряженно-деформированного состояния трубопровода, что в отдельных случаях приводит к нарушению его несущей способности и как следствие, разрушению. Перспективным и инновационным подходом для мониторинга состояния трубопровода является использование волоконно-оптических технологий.

В представленной работе рассмотрены факторы, влияющие на погрешность измерения деформации трубопровода с помощью систем мониторинга на базе волоконно-оптических сенсоров (ВОС) [1]. На основе показаний, полученных при натурных испытаниях, выполнена оценка данной погрешности. Для целей сравнительного анализа волоконно-оптических систем мониторинга и тензометрии построены расчётные модели участка трубопровода на языке APDL в программном комплексе ANSYS [2, 3].

Результаты исследования могут быть использованы при оценке возможности практического применения ВОС для мониторинга деформированного состояния трубопровода.

Литература

1. **Буймистряк Г.Я.** Информационно-измерительная техника и технология на основе волоконно-оптических датчиков и систем: монография. – СПб.: ИВА, ГРОЦ Минатома, 2005.
2. **Басов К.А.** ANSYS для конструкторов. М.: ДМК Пресс, 2009.
3. **Басов К.А.** ANSYS: справочник пользователя. М.: ДМК Пресс, 2005.

*Н.Абусайф, асп.; рук. В.М. Матюнин, д.т.н., проф.
(НИУ«МЭИ», Москва)*

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ПОД ОТПЕЧАТКОМ ПРИ ВДАВЛИВАНИИ ПИРАМИДЫ

Испытание материалов индентированием является наиболее перспективным и эффективным способом определения механических характеристик свойств тонких пленок и покрытий. При оценке механических свойств покрытия необходимо исключить влияние свойств материала подложки на результаты испытаний, т.е. избежать продавливания покрытия и распространения пластической деформации в материал подложки. Для этого необходимо знать не только характер распределения деформации в объеме материала под отпечатком, но и глубину, на которую она распространяется при увеличении нагрузки вдавливания.

В данной работе проведено комплексное экспериментальное исследование деформированного объема металла под отпечатком, полученным пирамидой Виккерса при разных нагрузках. Испытания вдавливанием проводились на стали 10, из которой были изготовлены 3 шлифа. В каждый шлиф вдавливали индентор Виккерса под действием следующих нагрузок, Н (кгс): 589 (60), 981(100), 1472 (150) в порядке их возрастания с получением соответствующих значений диагонали отпечатка d . После нанесения отпечатков шлифы были разрезаны по меридиональной плоскости, проходящий через центр отпечатка. Исследование деформированного объема металла проведено на плоскости разреза с использованием метода твердости. Для этого на плоскости разреза наносились отпечатки пирамидой Виккерса под нагрузкой 0,1 кгс и определялись значения микротвердости $HV_{0,1}$. Всего на плоскости разреза каждого шлифа наносились 130-180 отпечатков. С использованием тарировочных графиков «интенсивность деформации $\varepsilon_i - HV_{0,1}$ » и «интенсивность напряжений $\sigma_i - HV_{0,1}$ », полученных предварительными испытаниями на растяжение и микротвердость той же стали 10, были построены картины распределения ε_i и σ_i под отпечатками.

Анализ результатов экспериментов показал, что при всех нагрузках вдавливания отношение глубины распространения пластической деформации к глубине отпечатка было примерно одинаково и составляло 8. Полученные результаты могут быть использованы при разработке методики определения механических свойств изделий малой толщины, тонких слоев материалов и покрытий методом индентирования.

Автор выражает благодарность к.т.н. доц. Марченкову Артёму Юрьевичу за помощь в проведении экспериментов.

*П.А. Кудинов, В.Н. Зеликов, аспиранты (НИУ «МЭИ»);
рук-ли В.П. Радин, к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»); И.Ю. Морин, к.т.н.,
зав. сектором (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)*

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДА В ПРОЦЕССЕ УКЛАДКИ НА МОРСКОЕ ДНО

В настоящее время разработка морских шельфов играет очень важную роль в развитии экономики многих развитых стран. Освоение морских месторождений нефти и газа привело к необходимости строительства трубопроводов для связи морских платформ с береговым хранилищем. Морские трубопроводы характеризуются большой протяженностью. Трасса может быть проложена в условиях сложного рельефа с наличием уклонов, различной формой профиля морского дна. В связи с этим, строительство морских трубопроводов можно отнести к одному из наиболее ответственных этапов их жизненного цикла. Аварии на подводных переходах приводят к тяжелым экологическим и экономическим последствиям. Поэтому актуальным является вопрос оценки напряженно-деформированного состояния морского трубопровода в процессе строительства.

В работе представлены результаты оценки напряженно-деформированного состояния трубопровода в процессе укладки на грунтовое основание переменной глубины с учетом перемещения судна. Расчетная модель разработана и реализована на языке APDL в программном комплексе Ansys [1, 2].

Данная конечно-элементная модель позволяет определять оптимальную конфигурацию специального поддерживающего устройства трубопровода – стингера, в зависимости от диапазона глубин укладки, класса прочности и типоразмера труб.

Выполнен параметрический анализ напряженно-деформированного состояния морского трубопровода при нормальном режиме укладки и при отклонениях от данного режима (получено распределение внутренних силовых факторов в трубопроводе и определена оптимальная конфигурация стингера в зависимости от диапазона глубин, класса прочности и типоразмера трубы).

Литература

1. Басов К.А. ANSYS для конструкторов. М.: ДМК Пресс, 2009.
2. Селезнев В.Е., Алешин В.В., Клишин Г. С. Методы и технологии численного моделирования газопроводных систем. М.: Едиториал УРСС, 2002.

А.В. Касаткин, В.И. Никишин, Л.С. Сапунова, студ.; рук. В.Н. Щугорев, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)»

ПОВЕДЕНИЕ ОРТОТРОПНОГО ПОЛУПРОСТРАНСТВА ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ КОНТАКТНОМ НАГРУЖЕНИИ

Современные композиционные материалы находят широкое применение в энергомашиностроении. На данный момент широко разработаны эффективные методы оценки поведения конструкций из композиционных материалов в условиях статического нагружения [1-2]. Однако до сих пор не существует сравнимых по эффективности методов расчета поведения композитных конструкций при ударном воздействии.

В работе впервые исследуется и сравнивается характер реакции полупространства и балки шарнирно опертой по краям из композитов на низкоскоростное ударное воздействие. Сопоставляются точное теоретическое решение [1] и результаты, полученные экспериментально.

Авторы провели экспериментальные исследования низкоскоростного взаимодействия сферического индентера и композитной модели. В итоге было получено, что давление по площадке контакта растет, при этом максимальной площадке контакта соответствуют максимальные напряжения. В областях, где эквивалентные напряжения достигают максимума, возможно образование дефектов. Фиксация нагружения для полупространства и балки проводилась скоростной камерой (240 к/сек).

При экспериментальном исследовании поведения шарнирно опертой балки (схема нагружения- трехточечный изгиб) было установлено, что для одинаковых энергий ударника напряжения в податливой мишени значительно меньше, чем в полупространстве.

Предложенная авторами методика изучения реакции ортотропных материалов при низкоскоростном ударе предполагает три этапа: 1) определение индуцированного ударником распределения давления на поверхности мишени; 2) определение внутренних напряжений в композитной мишени, порождаемых давлением на поверхности; 3) определение типа разрушения в элементе конструкции.

Результаты работы позволяют прогнозировать распределение эквивалентных напряжений, определять области наиболее вероятного образования трещиноподобных дефектов и не допускать их появления в массивных и балочных элементах энергооборудования.

Литература

1. **Bolotin Vladimir V.** Stability problems in fracture mechanics. – John Wiley & Sons, Inc. – 1996.
2. **Касьянов К.Г., Щугорев В.Н.** Исследование роста эллиптических отслоений в композитных пластинах методов конечных элементов. // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред: 14-й междунар. симп. им. А.Г. Горшкова. – МАИ. – 2008.

М.Н.Зуева, студ.; рук. А.Н.Воронцов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**АНАЛИЗ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ШАХТНЫХ
 КАНАТОВ С ДЕФЕКТАМИ**

Исследуется влияние частичной потери несущего сечения в стальных канатах на собственные частоты и формы колебаний. Дефекты вызваны абразивным износом проволок и их коррозией. Рассматриваемая проблема актуальна, так как ее решение необходимо для описания протекающих в канатах переходных процессов. Вопросы динамики канатов с дефектами практически не изучены. Проведенное исследование дало новый материал, касающийся выбора рациональных динамических режимов работы канатов в шахтных подъемах.

Совместные продольно-крутильные колебания каната описываются уравнениями[1]:

$$A \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + C \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \quad C \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + B \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = m \frac{\partial^2 v}{\partial t^2}. \quad (1)$$

Здесь u и v – соответственно продольная и угловая деформации, A, B, C – компоненты матрицы жесткости каната, ρ – линейная плотность, m – линейный кинетический момент, x – продольная координата оси каната, t – время.

Для бездефектного каната аналитические решения уравнений (1) позволяют оценить влияние параметров жесткости на формы и скорости распространения главных колебаний, а соответствующие характеристические уравнения определяют свойства частотных спектров и поведение основных тонов колебаний в резонансной области. Для каната с произвольными по длине дефектами в виде потери сечения, когда механические и инерционные параметры являются функциями x , авторами разработана двухпараметрическая конечно-элементная модель на основе метода перемещений. Модель является универсальной для различных конструкций шахтных канатов и неоднородного распределения износа по длине и структурным элементам – проволокам и прядям.

В качестве примера исследованы собственные колебания подъемного каната при приложении к нижнему концу груза без начальной скорости. Показано влияние положения дефектов на вид частотного спектра, значения основных собственных частот и на взаимодействие крутильных и продольных колебаний. В перспективе предложенная методика применима к анализу волновых процессов, которые возникают в шахтных канатах при различных динамических условиях на концах.

Литература

1. Глушко М.Ф. Стальные подъемные канаты. Одесса: Астропринт, 2013.

А.С. Заболотский, студ.; рук. В.Н. Щугорев, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ПОВЕДЕНИЕ КРУГОВОЙ ОРТОТРОПНОЙ ПЛАСТИНЫ,
ОПЁРТОЙ ПО КОНТУРУ ПРИ НИЗКОСКОРОСТНОМ
УДАРНОМ НАГРУЖЕНИИ.**

Конструкции современного энергомашиностроения широко используют новые материалы такие как слоистые и волокнистые композиты. В силу анизотропии механических свойств [1] они ведут себя иначе, чем сделанные из традиционных изотропных материалов. В энергомашиностроении широко применяются элементы конструкций в виде круговых пластин. Это всевозможные клапаны, заглушки, задвижки и так далее. Изотропные круговые пластины при центральном нагружении деформируются симметричным образом (симметрия относительно центральной оси). При проведении экспериментов авторами обнаружено, что для деформированной круговой ортотропной пластины, опёртой по контуру, наблюдаются зоны поднятия секторов пластины, симметрично осям координат. Это является следствием анизотропии механических свойств. Исследование данного эффекта и его моделирование никем ранее не проводилось.

В работе определяется характер реакции опёртой композитной пластины на ударное центральное низкоскоростное воздействие. Сопоставляются результаты, полученные экспериментальной численно, с использованием метода конечных элементов (в Ansys). Авторами осуществлен натурный эксперимент, который проводился следующим образом. Шарнирно опертая пластина нагружалась падающим индентером сферической формы. Процесс нагружения фиксировался скоростной цифровой камерой по методике, изложенной в [2].

При численном моделировании процесса деформирования круговых пластин, опёртых по краю (между пластиной и опорой присутствует только сила трения), исследовалось два процесса: 1) влияния анизотропии на величину подъёма секторов пластины; 2) определение картины перемещений и напряжений.

Сравнение данных экспериментального и расчётного моделирования свидетельствует об их качественном согласии. Предполагается использование полученных результатов для проектирования новых газотурбинных энергоустановок.

Литература

1. **Bolotin Vladimir V.** Stability problems in fracture mechanics. John Wiley & Sons, Inc, 1996.
2. **Мурзаханов Г.Х., Щугорев В.Н., Щугорев А.В., Цой В.Е.,** Использование скоростных Action видеокамер для регистрации быстро протекающих механических процессов // ВЕСТНИК РАЕН. 2018 Т. 18. №2.

Д.А. Жгут, студ.; рук. А.Ю. Марченков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ВЗАИМОСВЯЗЬ ТВЕРДОСТИ СО СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫМ
СОСТАВОМ И МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ СТАЛИ
ВНС9-Ш**

Сталь ВНС9-Ш (23Х15Н5АМ3-Ш), относящаяся к категории трип-сталей (от англ. TRIP – TRansformation Induced Plasticity, т.е. дословно – сталь с пластичностью, наведенной превращением), востребована в современной автомобильной и авиационной промышленности. Основным её достоинством является сочетание высоких прочностных (временное сопротивление 1500...2000 МПа) и пластических (относительное удлинение 20...35%) характеристик, которое обуславливает её применение при изготовлении высоконагруженных деталей, работающих при больших значениях упругой деформации. Вместе с тем, сталь имеет весьма сложную технологию изготовления, и, вследствие возможного влияния различных факторов, механические свойства и фазовый состав готового полуфабриката могут варьироваться в широких пределах. В настоящее время проводятся научные исследования, направленные на разработку достоверных и высокопроизводительных способов контроля механических свойств полуфабриката из стали ВНС9-Ш [1].

В работе исследована партия образцов из стали ВНС9-Ш, каждый из которых обладал различными механическими свойствами и структурно-фазовым составом (всего 16 плавок стали). Стали исследовали методом растяжения образцов для определения характеристик прочности и пластичности, методом индентирования для определения твердости, и методом рентгеноструктурного анализа для определения фазового состава.

По результатам исследования была установлена взаимосвязь между твердостью стали и её временным сопротивлением, а также между твердостью и структурно-фазовым составом, что впервые выполнено для данного класса материалов. Все исследования по определению твердости и анализ полученных результатов выполнялись автором данной работы.

Полученные в работе результаты показали, что твердость является информативным диагностическим параметром, отражающим структурно-механическое состояние трип-стали ВНС9-Ш. Учитывая относительную простоту процедуры измерения твердости, метод может быть использован при проведении входного и промежуточного контроля качества полуфабрикатов и изделий из трип-стали ВНС9-Ш для получения комплексной информации о фактическом состоянии металла.

Литература

1. Матюнин В.М., Терентьев В.Ф., Марченков А.Ю., Слизов А.К. Методика оценки твердости и других механических свойств тонколистовой трип-стали // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2017. Т. 83. №7.

Секция 50
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ
И МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ

Руководитель секции: Меркурьев Игорь Владимирович
Секретарь секции: Панкратьева Галина Витальевна

Г.Р. Сайпулаев, студ.; рук. Б.И. Адамов, к.ф.-м.н. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВСЕНАПРАВЛЕННОЙ
 ПЛАТФОРМЫ С УЧЕТОМ КОНСТРУКЦИИ
 МЕКАНУМ-КОЛЕС**

Рассматривается мобильная всенаправленная платформа 1 робота *KUKAyouBot* (рис. 1), оснащенная двумя парами меканум-колес. На их периферии расположены пассивные ролики 3, оси которых составляют угол 45° с осями вращения колес 2.

В большинстве работ, посвященных динамике подобных систем, рассматривается упрощенная модель колес всенаправленного движения [1,2] (в качестве исключения можно упомянуть статью [3], где рассматриваются омни-колеса другой конструкции).

Целью исследования является изучение кинематики и динамики всенаправленной платформы с учетом конструкции шасси: формы роликов и их конечного числа.

Построены уравнения динамики мобильной платформы всенаправленного движения с учетом реальной конструкции меканум-колес и проскальзывания в точке контакта ролика и опорной поверхности. Приведен сравнительный анализ результатов для различных моделей сил контактного трения. Установлено, что переключение контактных роликов и смещение точек контакта приводят к возникновению высокочастотных составляющих скоростей вращения колес, а также смещению их средних значений (по сравнению с результатами моделирования без учёта конструктивных особенностей шасси).

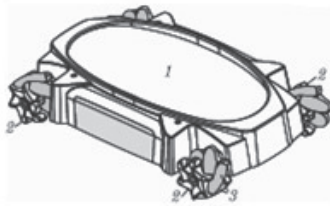


Рис. 1. Мобильный робот *youBot*

Литература

1. **Мартыненко, Ю.Г.** О движении мобильного робота с роликонесущими колёсами / Ю.Г. Мартыненко, А.М. Формальский // Изв. РАН. Теория и системы управления. –2007.– № 6. –С.142–149.
2. **Adamov B. I.** A study of the controlled motion of a four-wheeled mecanum platform // *Nelineinaya Dinamika*. 2018. vol. 14. no. 2. pp. 265–290.
3. **Герасимов, К.В.** Динамика экипажа на омни-колесах с массивными роликами с учетом смены ролика в контакте с опорной плоскостью / К.В. Герасимов, А.А. Зобова // Труды МАИ. –2018. –№ 101. –С. 1–26.

Р.Р. Бадертдинов, студ.; рук. Б.И. Адамов, к.ф.-м.н. (НИУ «МЭИ»)
**ИНТЕРФЕЙС ОТЛАДКИ ПРОГРАММНОГО ДВИЖЕНИЯ
РОБОТА *YOUBOT***

Управление робототехническими системами может быть осуществлено несколькими основными методами. Классические методы управления – обучение посредством демонстрации, программирование специальным пультом, использование специально разработанных высокоуровневых языков и низкоуровневое программирование. Общим минусом таких методов управления является ограниченность информации, получаемой пользователем от робототехнической системы (РТС), что в ряде случаев может приводить к возникновению непредвиденных ошибок в работе робота и к его поломке.

Менее распространены, однако широко востребованы на сегодняшний день *OLP*(*off-line programming*)методы управления сложными РТС. Их суть заключается в моделировании робототехнической системы и управлении, в первую очередь, симуляцией [1, С.353].

Результатом данного исследования является программная реализация интерфейса управления высоко полигональной трёхмерной моделью мобильного манипулятора *youBot*.

В данной работе решен ряд задач по организации отладочного пространства. Получено изображение трёхмерной модели исследуемого робота средствами языка программирования общего назначения *C++* с использованием библиотек *GLEW* и *GLUT*[2], а затем рассмотрены вопросы реализации анимации модели робота на трёхмерной сцене. Удобство задания траекторий движения манипулятора обеспечивают уравнения обратной кинематики[3] робота *youBot*[4].

Разработанный интерфейс может быть использован для предварительного исследования сложных траекторий движения схвата манипуляторов трёхмерном пространстве, для оценки их реализуемости и для выявления ошибок в законах построения траектории движения. Все вышеперечисленные действия могут производиться без риска повреждения робота.

Литература

1. **Craig, J.** Introduction to Robotics. Mechanics and Control. Third Edition. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 2005.– 400 с.
2. **Хилл, Ф.** OpenGL. Программирование компьютерной графики. Для профессионалов: пер. сангл.–СПб.: Питер, 2002.– 1088 с.
3. **Капустина, О.М.** Аналитическое решение обратной задачи кинематики KUKA YouBot, параметризованное обобщёнными координатами его платформы [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32739123&>.
4. https://github.com/zakharov/youbot_model

А.М. Русаков, асп.; рук. А.И. Кобрин, д.ф.-м.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕСТНОСТИ ГРУППОЙ МОБИЛЬНЫХ
РОБОТОВ**

Для управления работой группы мобильных роботов в логистических центрах необходимо знать область, в которой каждый из роботов будет работать. Чтобы обеспечить правильную интерпретацию роботами карты местности, им предлагается автономно изучить территорию и построить карту. Принципиальным условием на данном этапе является ограниченность такой территории.

Начало работы определяется начальными условиями, в которых оказалась группа, а именно нахождение на базе или распределение по рабочей зоне. При нахождении на базе происходит поочередное введение роботов для исследования местности и построения карты. Если же роботы распределены по территории, то область разбивается на ячейки Вороного, которые являются локальными областями работы каждого робота в группе.

Исследование происходит методом определения границы [1]. Точка принадлежит границе в случае, если она относится к свободному пространству и имеет хотя бы одну соседнюю точку, относящуюся к неисследованному пространству. Граница представляет собой множество точек, непрерывно связанных друг с другом. Каждая граница характеризуется центроидом. Соответственно, движение робота происходит к центроиду с наименьшим весовым показателем.

Каждый робот на данном этапе строит карту, начиная работу с того места, где начал работу. Построение карты осуществляется с помощью алгоритма Брезенхэма [2] с учетом поворота и перемещения роботов в пространстве. После завершения исследования происходит объединение локальных карт в общую глобальную карту, которая передается каждому роботу в группе.

Таким образом, в предлагаемом докладе излагается алгоритм автономного исследования местности группой мобильных роботов, предшествующего решению их основной групповой задачи, а также процедура построения глобальной карты местности с минимальным набором начальных данных.

Работа поддержана грантом РФФИ №16-01-00429.

Литература

1. **Verbiest K., Berrabah S.A., Colon E.** Autonomous Frontier Based Exploration for Mobile Robots, International Conference of Intelligent Robotics and Applications, Part III, pp. 3-13, 2015.

2. **Bresenham J.** Algorithm for computer control of a digital plotter. IBM Systems Journal, vol.4, no. 1, pp. 25–30, 1965.

Т.В. Айсин, студ.; рук. Б.И. Адамов, к.ф.-м.н. (НИУ «МЭИ»)
**УПРАВЛЕНИЕ БИОМЕТРИЧЕСКИМ ПРОТЕЗОМ
С МУО – ДАТЧИКАМИ**

Принцип работы бионического протеза основан на считывании электронного потенциала мышц культи, который вырабатывается в процессе их сокращения. Считывание обеспечивают специальные чувствительные электроды, передающие сигнал в микропроцессор, где происходит их обработка с помощью специальных компьютерных алгоритмов. Сформированные двигательные команды поступают в двигатели устройства, которые, в свою очередь, приводят в движение функциональные элементы протеза. Весь вышеозначенный цикл занимает доли секунды и его финальным результатом является какой-либо жест или хватательное действие.

В данной работе приводится расчёт управления исследование модели биоэлектрического протеза кисти руки под управлением микроконтроллера. Рассматривается управление, осуществляющееся по информации с *Муо*-датчиков[3], которые реагируют на электрические импульсы, проходящие через мышцы при их сокращении.

Объектом исследования является прототип протеза руки, механизм которого приводится в движение с помощью двигателя постоянного тока, управляемого микроконтроллером. *Муо* – датчик считывает электрические сигналы с мышц культи и подает их на микроконтроллер, который выделяет из потока сигнал требуемой амплитуды и отправляет его на драйвер, обрабатывающий сигнал и формирующий управляющие воздействия двигателя.

В настоящей работе исследована кинематика системы. Построена динамическая модель протеза с учётом тела, удерживаемого пальцами. Произведён синтез [1,2] оптимальной следящей системы управления для отработки заданной скорости движения пальцев, повторяющей масштабируемые показания с *Муо*-датчика. Моделирование управляемого движения протеза проведено в среде *Wolfram Mathematica*.

Литература

1. **Ким, Д.П.** Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы/ Д.П. Ким. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. — 440 с.
2. **Егупов, Н.Д.** Методы классической и современной теории автоматического управления. Т. 1. Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 656 с.
3. **Raez M.B., Hussain M.S., Mohd-Yasin F.** Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1455479/>. (9.10.2018)

М.А. Фролов, студ.; рук. Б.И. Адамов, к.ф.-м.н. (НИУ «МЭИ»)
УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА
НА ОСНОВАНИИ ИНФОРМАЦИИ
О ВНЕШНИХ СИЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Актуальность проблемы обусловлена тем, что построение управления манипуляторами в задачах совместной транспортировки грузов группой роботов, управления экзоскелетом, при контактной обработке и диагностике состояния поверхностей и др. требует привлечения информации о внешних силовых воздействиях.

Объектом настоящего исследования является мобильный робот-манипулятор *KUKA youBot* (см. рис. 1). Манипулятор оснащён системой датчиков, которые позволяют измерять углы и угловые скорости в сочленениях звеньев, токи, потребляемые приводами робота. Таким образом, доступна информация о моментах, развиваемых двигателями, но не об усилиях приложенных к исполнительному органу манипулятора, поскольку многокомпонентный датчик усилия в запястье отсутствует.

Целью работы является создание такого алгоритма управления, который обеспечивает движение точки А схвата робота-манипулятора в направлении действующей силы \vec{F}_A (см. рис. 1).

Разработана математическая модель манипулятора и проведена идентификация её параметров на основе экспериментальных данных. Обобщённые силы, обусловленные внешней нагрузкой, определяются в рамках модели путём компенсации сил тяжести и трения в измерениях моментов двигателей. На основе оценки внешних обобщённых сил строится вектор силы \vec{F}_A . Угловые скорости в сочленениях манипулятора, обеспечивающие коллинейарность вектора скорости \vec{v}_A полученному вектору внешней силы, находятся из решения обратной задачи кинематики и используются для формирования управляющих воздействий.

Литература

1. Гориневский, Д.М. Управление манипуляционными системами на основе информации об усилиях/ Д.М. Гориневский, А.М. Формальский, А.Ю. Шнейдер.– М.: Физматлит, 1994.– 368 с.

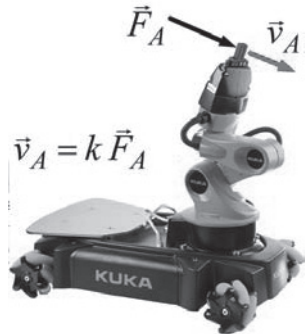


Рис. 1. Схема мобильного робота

А.С. Широков, студ.; рук. М.Н. Кирсанов, д.ф.-м.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ РАБОТЫ ИНТЕРПОЛЯЦИОННОГО ФИЛЬТРА ПОМЕХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗМЕРА ОБРАБАТЫВАЕМОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

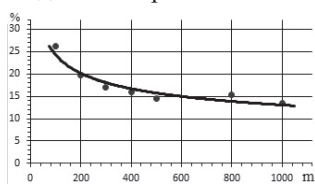
В настоящее время одной из задач в системах компьютерного зрения является проблема распознавания изображений различных объектов. Для решения этой задачи используют выделение контуров объектов [1].

В процессе получения изображения возможно образование различных дефектов или помех, которые при выделении контуров могут приводить к существенным искажениям границ объектов. В связи с этим возникает необходимость устранения возникших помех в исходном изображении.

Для решения задач фильтрации помех и выделения контуров предлагается использовать интерполяционный фильтр помех, основанный на свойствах интерполяционного многочлена Лагранжа.

Одной из важных особенностей интерполяционного фильтра является высокая точность определения цвета исправляемых помех. Для оценки эффективности быстрогодействия интерполяционного фильтра в зависимости от размера изображения выбраны квадратные изображения со стороной квадрата m . Помехи моделируются тремя (горизонтальная, вертикальная и диагональная) тонкими линиями толщиной в один пиксель.

На основе данных о времени работы интерполяционного фильтра t и времени полного выделения контуров T (исправление помех на исходном поврежденном изображении и применение фильтра Собеля отфильтрованному изображению) построена интерполирующая кривая, показывающая долю (в процентах) времени фильтрации помех в процессе выделения правильных контуров на исходном изображении с дефектами в



зависимости от размеров изображения (стороны квадрата m в пикселях). Полученные результаты показывают, что эффективность интерполяционного фильтра помех при увеличении размера изображения не снижается, а наоборот возрастает.

Литература

1. Кирсанов, М.Н. Модификация и анализ фильтров выделения контуров изображений / М.Н. Кирсанов. // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова.– 2015.– № 5 (33).– С. 201-206.

Направление
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Научный руководитель направления —
директор ИЭЭ, к.т.н., доцент В.Н. Тульский

Секция 51

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Руководитель секции: Кузнецов Олег Николаевич

Секретарь секции: Зубкова Ирина Сергеевна

Д.А. Молочков, Н.О. Чесалкин, студенты; рук. В.Е. Шмелёв, к.т.н., доцент (ВлГУ)

ПОЛУАВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЁТ НЕСИММЕТРИЧНЫХ ТРЁХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Проблема расчёта режимов несимметричных трёхфазных электрических цепей, является актуальной для развития электроэнергетики. Для решения её ключевых проблем: уменьшения потерь электроэнергии в топологически сложных электроэнергетических сетях, организации оптимальной релейной защиты, обеспечения качества электроэнергии и других. Особое внимание обращается на применение универсальных матричных методов теоретической электротехники для расчёта электрических сетей.

Так как современные электроэнергетические цепи (сети) являются очень сложными топологическими системами, для анализа режимов работы которых, требуется соответствующее теоретическое обеспечение. Для выполнения практических расчётов режимов во многих энергетических комплексах до настоящего времени применяют однолинейные (однофазные) схемы замещения.

При несимметрии режимов цепи часто применяют метод симметричных составляющих, но при этом требуется составить три схемы замещения для названных составляющих. Однако отсутствие точных методов определения пассивных и активных параметров этих схем при распределённой несимметрии в цепи, приводит к большим погрешностям расчёта, и названный метод не может быть надёжным основанием для решения ключевых проблем современной электроэнергетики.

Перечисленные выше проблемы могут быть решены на современном уровне только при внедрении современных универсальных матричных методов теоретической электротехники: метода узловых потенциалов, метода контурных токов и иных.

В данной работе мы используем трёхфазные схемы замещения с применением вычислительных технологий для выполнения практических расчётов режимов цепей, показывая возможность применения современных матричных методов теоретической электротехники применительно к расчёту трёхфазных схем замещения цепей, в том числе для несимметричных режимов работы цепи. Рассмотрены примеры таких расчётов для фрагментов разветвлённых сетей класса напряжения 0,4 кВ.

Названные в статье матричные методы теоретической электротехники пока мало применяются для расчёта режимов различных электроэнергетических сетей в виду, необходимости формирования трёхфазных (не однофазные-однолинейные) схем замещения необходимых для расчёта реальных несимметричных трёхфазных сетей. Для этого было необходимо выполнить сложную и трудоёмкую процедуру формирования матриц импедансов либо адмиттансов этих трёхфазных сетевых объектов (трансформаторов, автотрансформаторов, линий электропередач, трёхфазных нагрузок и т.п.). Данная разработка автоматизирует эти операции, что существенно облегчает задачу моделирования установившихся режимов по трёхфазным схемам замещения для получения более точной и подробной информации по сравнению с применением однолинейных схем замещения.

Литература

1. **Атабеков Г.И.** Линейные электрические цепи, 1978, Ч.1, С.384–387, 388–394.
2. **Бессонов Л.А.** Теоритические основы электротехники, Том 2. Электрические цепи. Издание девятое. 1996, С. 201–203.
3. **Под редакцией Ионкина П.А.** Теоретические основы электротехники. Том 1. Основы теории цепей. 1976, С. 91–100.
4. **Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В.** Теоретические основы электротехники. – СПб.: Питер, 2009. – Том 1. С. 329–331.

*S.R.Chorshanбиеv, PhD student.; Supervisor. G.V.Shvedov, assistant Prof.
(NRU "MPEI")*

ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF SOLAR GENERATION ON THE CRITERION OF MINIMIZING RELATIVE POWER LOSSES IN ELECTRIC NETWORKS

Currently, in many countries, including the Republic of Tajikistan in order to increase the efficiency of the power system recorded an annual increase in the number of distributed solar power plants. Under these conditions, the question of the impact of solar generation on the operation modes of electrical distribution networks and the relative power losses has arisen.

The purpose of this work is to assess the feasible generation from solar cells by the criterion of minimizing the relative power losses in electrical networks.

To analyze and evaluate the impact of distributed solar generation on the operating modes of electric distribution networks, the relative power losses, and the configuration of the load schedule, measurements were made of the capacities of the electric networks of the Dushanbe Republic of Tajikistan, from which health facilities to which solar panels are connected receive power. When calculating the load power loss, the method of average loads was used [1].

According to the results of the calculations, an analysis of the effect of distributed solar generation on the operating modes of electric distribution networks, according to power losses and the configuration of the load curve, is given. The problem of excessive solar generation over the weekend was revealed, leading to the flow of active power from the consumer into the power system, which leads to a change in the configuration of the load curve and an increase in the relative power losses.

A new calculation method has been developed and proposed, with the help of which the minimization of relative power losses in electrical grids is ensured, which makes it possible to increase the efficiency of the electric companies in terms of the functioning of distributed solar generation.

Literature

1. Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation dated December 30, 2008 No. 326 "On the organization in the Ministry of Energy of the Russian Federation of work on the approval of standards for technological losses of electricity during its transmission through electric grids".

И.Д. Черненко, асп.; рук. Н.Ш. Чемборисова, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ВЛИЯНИЕ ОБОБЩЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ НА ОПТИМИЗАЦИЮ РЕЖИМОВ ЭЭС

Для описания, расчета и управления работой ЭЭС используются различные математические модели, в основе которых лежит использование матриц узловых проводимостей, отображающих конфигурацию и значения параметров исследуемых электрических цепей. При решении задач оптимизации режимов ЭЭС важно найти новые эффективные методы, одним из которых является использование обобщенных параметров схемы. Таким информативным параметром может быть разность между собственной и суммой взаимных проводимостей узлов схемы замещения ЭЭС. Исследования показали, что узлы с минимальным значением этого показателя (сенсорные) могут быть успешно использованы для эффективного решения ряда задач оптимизации и управления режимами ЭЭС [1-2].

В качестве задач оптимизации могут рассматриваться оптимальная расстановка компенсирующих устройств для нормирования уровней напряжения и минимизации потерь активной мощности в сети; оценка чувствительности напряжений узлов к основной частоте и высшим гармоникам для оптимальной расстановки фильтрокомпенсирующих устройств, позволяющих обеспечивать качество электрической энергии; перераспределение перетоков в неуравновешенных контурах для их оптимальной загрузки и снижения потерь мощности.

В целом, использование обобщенных показателей схемы позволяет формализовать анализ режимов работы ЭЭС и упростить оценку ее управляемости и экономичности. Этот вывод подробно проиллюстрирован на примере снижения потерь активной мощности и нормализации напряжений в сети. Так, например, в расчетной схеме напряжением 110 кВ с наиболее жесткими узлами уровни напряжения в четырех узлах выше номинального значения на 1-5 кВ, в схеме с менее жесткими узлами – во всех узлах ниже номинального значения.

Полученные результаты целесообразно использовать при решении задач управления и оптимизации режимов ЭЭС, оценки их допустимости и экономичности.

Литература

1. Лопатин О.А., Чемборисова Н.Ш. Использование параметров сети и обобщенных показателей режима для расстановки компенсирующих устройств // Электричество, №3, 2011. С. 10-12.

2. Чемборисова Н.Ш., Фролов О.В., Баранов И.Л., Баширов И.Н. Использование обобщенных показателей схемы при анализе режимов электроэнергетических систем // Вестник МЭИ, №1, 2015. С. 66-73.

*М. И. Халиков, студент; рук. Н. Ш. Чемборисова, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЖЕСТКОСТИ СХЕМЫ СЕТИ.

Проблема определения чувствительных узлов играет важную роль при изучении нарушений статической устойчивости энергосистем.

Узлы и ветви схемы сети, для которых параметры режима реагируют в наибольшей степени на изменения параметров схемы сети названы чувствительными (слабыми). В таких узлах параметры режима быстрее достигают допустимых значений, что может привести к нарушению статической устойчивости установившегося режима системы.

Чаще всего оценка жесткости узлов и ветвей проводится при помощи различных программных комплексов, так как расчет параметров даже небольшой ЭЭС вручную занимает слишком много времени и ресурсов.

Все программные комплексы для расчета режимов сети можно разделить на два типа – редактируемые и не редактируемые. Под редактируемыми подразумеваются ПК, которые имеют открытый программный код, и пользователь имеет возможность менять и настраивать их в соответствии со своими нуждами. Это, обычно, некоммерческие продукты, разработанные университетами для использования в научной деятельности, такие как Matpower и PSAT. Не редактируемые – это ПК с закрытым программным кодом, который невозможно изменить извне. К ним относят дорогие крупные промышленные комплексы, такие как ETAP, DigSilent Power Factory, RastrWin и другие [1].

Данный расчет жесткости узлов по напряжению для схемы с 6-ю подстанциями (таблица 1) был произведен при помощи программного комплекса Matpower. ПК Matpower основан на программной среде Matlab, что позволяет создавать блоки подпрограмм. Это позволяет автоматизировать процесс поиска слабых мест и, как следствие, ускорить и упростить его.

Коэффициенты жесткости узлов схемы сети.

Таблица 1

U, кВ	Коэф.	1	2	3	4	5	6
220	k_U	-	0,057	-	-	-	-
110	k_U	0,161	-	0,154	0,186	0,197	0,236

Литература

1. J. Beerten and R. Belmans, "Development of an open source power flow software for high voltage grids and systems: MATACDC," IET Gen., Trans. & Distribution, vol.9, no.10 2015

А.А. Блохин асп.; рук. В.К. Лозенко, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ЭНЕРГОСОСТОЯНИЯ РЕГИОНОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ

Эффективность производства и распределение энергетических ресурсов в регионах нашей страны отличаются большой неоднородностью, и анализ факторов, влияющих на эту неоднородность, является важным аспектом при разработке стратегий и программ развития энергетики и экономики территорий.

В данной статье описывается предложенная автором, и ранее не рассмотренная в работах ученых, методика формирования группы регионов по определенным критериям для подтверждения гипотезы о том, что для всех исследуемых регионов одной выбранной группы характерны аналогичные показатели энергосостояния, соответствующие им энергетические проблемы и пути их решения.

На первом этапе проводится анализ по динамике численности населения за исследуемый период времени. Таким образом, получаем следующие группы: регионы с положительной динамикой численности населения, стабильной (отклонения не более 0,5%) и отрицательной [1].

На втором этапе определяются показатели одной группы регионов по климатическим (температурным) состояниям. Тем самым выделяем 3 типа субъектов по среднегодовой температуре воздуха [1].

Далее на третьем этапе учитываем такой параметр как динамика за анализируемый период времени валового регионального продукта (ВРП) на душу населения, и из регионов, которые уже выделены после двух предыдущих этапов, формируем 3 группы регионов по этому показателю [1]. Проведав все действия, мы получаем определенное количество регионов, схожих по этим трем характеристикам. Исходя из гипотезы, все регионы одной группы имеют приблизительно одинаковые следующие энергетические показатели: потери электроэнергии от отпуска в сеть, удельный расход условного топлива (УРУТ) на выработку энергии, тарифы на электроэнергию для населения.

Исследования проводились для трех регионов, попавших в одну группу, а именно Чеченской Республики, Республики Ингушетия и Республики Дагестан за период 2012 – 2015 гг. Результаты исследования подтвердили гипотезу, и проанализированные энергетические показатели, а так же проблемы этих субъектов оказались максимально близкими.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что разработав эффективную энергетическую стратегию развития одного региона, профильные министерства и ведомства смогут ее применить для любого

субъекта страны, попавшего в одну группу, выделенную с помощью представленной автором методики анализа энергосостояния регионов РФ.

Литература

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru>

*И.И. Паскалов, А.Р. Байбиченков, студенты;
рук-ли Л.В. Алексейчик, д.т.н., проф.; М.П. Жохова, к.т.н, доц.
(НИУ «МЭИ»)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛИННОЙ ЛИНИИ С ПОТЕРЯМИ КАСКАДНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ

В [1], [2] рассматриваются вопросы моделирования длинных линий каскадным соединением четырехполосников, но в [3] говорится о проблемах получения достоверных результатов моделирования в ряде случаев. Работа посвящена выбору оптимального количества звеньев (N) для корректного моделирования длинной линии с потерями каскадным соединением четырехполосников.

Показано, что малое количество звеньев не обеспечивает правильного моделирования линии, а избыточное число звеньев влияет на адекватность моделирования из-за накопления вычислительной ошибки в процессе расчета. Предлагается алгоритм выбора l' – предельной длины участка линии по первичным и вторичным параметрам линии, с последующим моделированием каскадным соединением N четырехполосников (рис.1). Данный алгоритм подходит для моделирования как однородных, так и неоднородных линий.

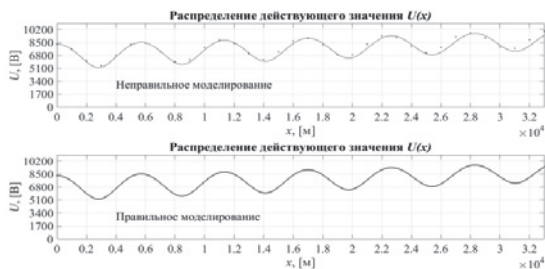


Рис. 1. Распределение действующего значения напряжения

Литература

1. К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин, В.Л. Чечурин. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. Том. 2 – СПб.: Питер, 2003.
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высшая школа, 2000.
3. Ананичева С.С., Бартоломей П.И., Мызин А.И. Передача электроэнергии на большие расстояния Учебное пособие / Изд. 3-е, исправл. Екатеринбург: УрФУ, 2012.

*Р.В. Булатов, М.В. Бурмейстер, студенты
рук. Н.Ш. Чемборисова, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ РАЗНЫХ МОДЕЛЯХ НАГРУЗКИ

Определение зависимости параметров режима электроэнергетических систем (ЭЭС) при разных представлениях нагрузки является важной задачей, решение которой позволяет более точно определять не только параметры режима и потери в сетях, но и чувствительные узлы сети [1].

В применяемом АО «СО ЭЭС» программном комплексе (ПК) *RastrWin3* для расчетов режимов ЭЭС нет заложенного алгоритма, позволяющего проводить автоматизированный анализ режимов при различных видах задания нагрузки. В связи с этим пользователю приходится выполнять множество рутинных действий при проведении расчетов. Однако при использовании встроенного в ПК *RastrWin3* макроредактора [2] данные процессы можно автоматизировать, используя сценарии из расчетов и действий.

Целью работы было получение макроса в ПК *RastrWin3*, позволяющего определять зависимость параметров режима ЭЭС и потерь при различных представлениях нагрузки, а также определять чувствительные узлы сети.

В результате выполненной работы был разработан алгоритм, который был реализован в виде двух макросов для ПК *RastrWin3* и *Microsoft Excel*. Для написания использовались средства *VB-script* и встроенный макроредактор ПК *RastrWin3*. Разработанный макрос выполняет обработку исходных данных, расчёты установившихся режимов при представлении нагрузки постоянным отбором мощности, постоянной проводимостью и полными статическими характеристиками нагрузки по напряжению, обработку результатов расчета установившихся режимов, поочередное утяжеление каждого узла ЭЭС с целью определения наиболее чувствительных. На каждом этапе формируется отчет в виде таблиц и графиков, которые в дальнейшем используются для анализа режимов ЭЭС, определения потерь и наиболее чувствительных узлов при различном представлении нагрузки.

Полученные макросы в дальнейшем можно включить в состав учебно-методического комплекса, а также применять в виде заложенных алгоритмов в ПК *RastrWin3*.

Литература

1. Гамм А.З., Голуб И.И. Сенсоры и слабые места в электроэнергетических системах // Иркутск СЭИ СО РАН (1996).
2. Программный комплекс «*RastrWin*». Руководство пользователя / В.Г. Нейумин, Е.В. Машалов, А.С. Александров, А.А. Багрянцев. 15.10.2015. – 281с.

Секция 52

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Руководитель секции: Шведов Галактион Владимирович

Секретарь секции: Шведов Галактион Владимирович

Е.О. Солдусова, А.В. Проничев, студенты; рук. А.А. Казанцев, асс. (СамГТУ, Самара)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРОСЕТЯХ

В современных условиях потери мощности можно значительно снизить применением в силовых трансформаторах (СТ) некоторых инновационных решений: использование эффекта низко- и высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСТ, АВТСТ) для уменьшения потерь в обмотках СТ, а также применение СТ с сердечником из аморфных ферромагнитных материалов (АФТ) и бессердечниковых конструкций СТ [1].

Для фрагмента сети ГПП-1 г. Тольятти на напряжение 10 и 20 кВ была смоделирована замена традиционных масляных трансформаторов (ТМ) на всех трансформаторных подстанциях с учетом реальных нагрузок на АФТ, ВТСТ и АВТСТ. Расчеты потерь электроэнергии и мощности были выполнены в ПК RastrWin3. Была оценена эффективность применения АФТ, ВТСТ и АВТСТ по сравнению с ТМ путем определения суммарных потерь схемы сети ГПП-1 г. Тольятти. Графически результаты расчетов в сетях 10 и 20 кВ представлены на рис. 1.

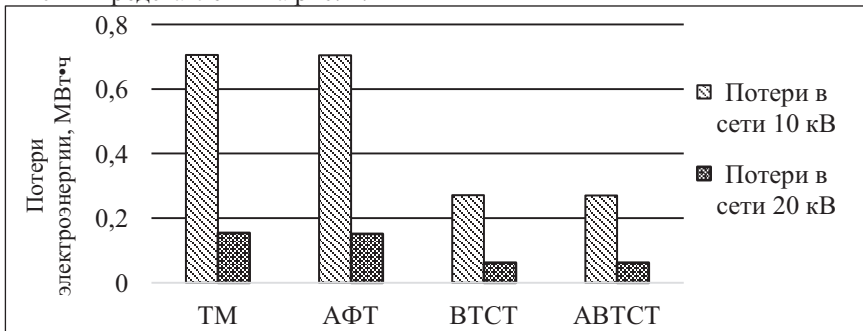


Рис. 1. Результаты расчетов в сетях 10 и 20 кВ

Из результатов проведенных экспериментов стало видно, что энергоэффективность инновационных трансформаторов значительно выше, чем энергоэффективность ТМ. Также можно отметить, что удельные потери в сети 20 кВ ниже, чем в сети 10 кВ.

Литература

1. Гольдштейн В.Г., Инаходова Л.М., Казанцев А.А., Молочников Е.Н. Анализ эксплуатационных свойств трансформаторов с сердечниками из аморфных материалов и защита их с помощью нелинейных ограничителей перенапряжений. Вестник СамГТУ. Серия "Техн. науки". – Самара, №4 (40). 2013 г. с. 149-157.

*Д.А. Чумаченко, асп.; рук. А.А. Шатохин к.т.н., доц.
(НИУ МЭИ, Москва)*

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В средствах измерения показателей качества электроэнергии (СИ ПКЭ) измерительный канал выполняет функции фильтрации высокочастотных помех и преобразования измеряемой величины в форму, подходящую для дальнейшей обработки.

Для повышения точности измерений показателей качества электроэнергии в СИ ПКЭ используют фильтр нижних частот (ФНЧ), который уменьшает влияние высокочастотных помех. Для построения ФНЧ используется комбинация аналогового и цифрового фильтров. Данный способ позволяет получить требуемую амплитудно-частотную характеристику канала, используя фильтры низких порядков.

В данной работе представлен измерительный канал СИ ПКЭ, состоящий из делителя напряжения, ФНЧ и аналого-цифрового преобразователя. Результирующая амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) канала формируется как комбинация амплитудно-частотных характеристик пассивного RLC-фильтра [1], встроенного в АЦП sinc-фильтра и цифрового фильтра.

Полоса пропускания результирующей АЧХ составляет 3 кГц. Неравномерность АЧХ в полосе пропускания от 0 до 200 Гц не более 0.2 %, в остальной полосе пропускания не более 2 %. Переходная область не должна превышать 8 кГц. Подавление в полосе задерживания должно быть не менее 50 дБ. Sinc-фильтр дельта-сигма АЦП имеет ряд недостатков: спад в полосе пропускания, широкую переходную область, недостаточное подавление в полосе задерживания. Для устранения этих недостатков используется комбинация RLC и цифрового фильтров. Граница полосы задерживания RLC-фильтра берётся равной частоте дискретизации модулятора дельта-сигма АЦП, а сам фильтр рассчитывается так, чтобы давать достаточное подавление в полосе задерживания с целью уменьшения влияния высокочастотных помех. Цифровой фильтр компенсирует спад АЧХ sinc-фильтра в полосе пропускания и уменьшает ширину переходной области.

Литература

1. **Р. Зааль.** Справочник по расчету фильтров. М.: Радио и связь, 1983 г.-752с.

А. К. Котельникова, А.А. Дмитриев, студенты; рук. М. П. Жохова, к.т.н., доцент, Л.В. Алексейчик, д.т.н., профессор (НИУ «МЭИ»).

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ В СОГЛАСОВАННОМ И НЕСОГЛАСОВАННОМ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

В работе рассмотрены различные способы расчета потерь электроэнергии в длинных линиях: по формулам расчета потерь в равномерно распределенных сопротивлениях линии; по разности потоков мощности на концах электропередачи [1,2]; по универсальным формулам для расчета потерь мощности в линиях электропередач с использованием первичных и вторичных параметров линии [3]. Показано, что универсальные формулы, предложенные для трехфазных ВЛ, применимы и для расчета потерь в одножильных кабельных линиях. Расчеты приведены для согласованного режима и режима активной нагрузки.

В результате исследования было выяснено, что все методы расчета приводят к приблизительно одинаковым результатам (с точностью до десятых), то есть при оценке потерь в длинных линиях может использоваться любой метод расчета. Однако метод расчета по универсальным формулам имеет преимущество, так как в нем в явном виде учитываются первичные и вторичные параметры линии, и этот метод легко адаптируется к конкретной задаче:

$$\begin{aligned} \square P = & \frac{P_2^2 + Q_2^2}{2U_2^2} Z_C (sh(2\alpha L) \cos(\xi) - \sin(2\beta L) \sin(\xi)) + \\ & + \frac{U_2^2}{2Z_C} (sh(2\alpha L) \cos(\xi) + \sin(2\beta L) \sin(\xi)) + \\ & + \frac{P_2}{2} (ch(2\alpha L)(1 + \cos(2\xi)) + \cos(2\beta L)(1 - \cos(2\xi)) - 2) + \\ & + \frac{Q_2}{2} \sin(2\xi) (ch(2\alpha L) - \cos(2\beta L)) \end{aligned} \quad (1)$$

Литература

1. Демирчан К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. Том 2. — 4-е изд. — СПб.: Питер, 2003. Питер, 2003. — 576 с.: ил.
2. Ананичева С.С., Бартоломей П.И., Мызин А.Л. Передача электроэнергии на большие расстояния: Учебное пособие / изд. 3-е, исправл. Екатеринбург: УрФУ, 2012. 85 с.
3. Степанов А.С., Маругин В.И., Степанова А.А. Универсальные формулы для расчета потерь мощности в линиях электропередач. Материалы XXXIX научно-технической конференции по итогам работы профессорско-преподавательского состава СевКавГТУ за 2009 год. Том первый. Естественные и точные науки. Технические и прикладные науки. Ставрополь: СевКавГТУ, 2010, 206С.

*Е.В. Осинина, студ.; рук. А.И. Земцов, к.т.н.
(Филиал СамГТУ в г. Сызрань)*

«Автономная система электроснабжения частного дома с применением альтернативных источников энергии»

В работе рассмотрены возможные варианты построения автономной системы электроснабжения частного дома, находящегося в средних широтах России, на базе альтернативных и традиционных источников электрической энергии.

В процессе выполнения исследования были предложены следующие варианты:

1. СЭС на базе солнечных батарей и ветрогенераторов;
2. СЭС на базе солнечных батарей и дизель-генераторов;
3. СЭС на базе ветрогенераторов и дизель-генераторов;
4. СЭС на базе солнечных батарей, ветрогенераторов и дизель-генераторов.

Альтернативная энергетика - это комплексная система, состоящая из технических устройств, обеспечивающих производство и преобразование электрической энергии до параметров, соответствующих техническим характеристикам электрической сети потребителей, вне зависимости от внешних сетей электроснабжения.

В связи с удорожанием тарифов ЖКХ на энергоснабжение, возникает вопрос о выборе альтернативных агентов поставки электрической и тепловой энергии, которые отсутствуют на рынке. Данный фактор наталкивает на мысль о создании систем индивидуального энергообеспечения жилых объектов, таких как частное жилье.

Существующие разработки в области альтернативных источников электрической энергии малой и средней мощности предполагают возможность создания автономных систем энергоснабжения с относительно малыми капитальными затратами и коротким сроком окупаемости.

В результате проделанной работы представлен сравнительный анализ вариантов автономных СЭС с использованием альтернативных источников энергии. Представлены технико-экономические расчеты для различных комбинаций источников энергии. Произведен расчет сроков окупаемости для каждого варианта и рассмотрена возможность физической реализации данных систем электроснабжения.

Литература

1. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии и энергосбережение – Изд-во.: Наука и Техника, 2014 г.

Секция 53

ИСТОРИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Руководитель секции: Тульский Владимир Николаевич

Секретарь секции: Тульский Владимир Николаевич

ИСТОРИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

В настоящее время термин «энергетика» часто воспринимается как синоним электроэнергетики. Однако основы энергетики как науки, связанной с преобразованием и использованием различных видов энергии, зародились за тысячи лет до изобретения электричества. Автор статьи провел исследование и выявил отрасли энергетики, имевшие ключевое значение на различных этапах развития человеческого общества.

1 этап. Использование теплотехники. В первобытный период использование огня (около 1 миллиона лет назад) считается зарождением энергетики [1]. Позже технология получения металла поставила новые задачи поддержания тепловых режимов. Первобытные металлурги научились использовать энергию воздушных потоков для работы плавильных печей.

2 этап. Освоение гидроэнергетики. Уже за 3000 лет до н.э. в Египте, Индии и Китае активно использовали механизм водяного колеса [2]. Оно послужило простейшим гидравлическим двигателем. Эволюция этого механизма позволила создать водяные мельницы, первые прототипы гидротурбин и насосов. Впоследствии это изобретение являлось основной энергетической базой производства в течение примерно 14 веков (с IV по XVIII в.)

3 этап. Становление ранней теплотехники. В XVIII веке появляется новое орудие труда, не зависящее от локальных условий и способное выполнять более широкий класс задач. Паротехника стала первоосновой ранней теплотехники: свойства водяного пара как рабочего тела стали определяющими в развитии отрасли. Создаются паромосферные и поршневые двигатели, насосные установки. Изобретение парового двигателя стало одним из важнейших событий промышленного переворота [1,3].

4 этап. Развитие электротехники и гидроэнергетики. Первые опыты с электричеством относятся к глубокой древности, но лишь в XIX веке, с развитием теоретических знаний, были созданы условия для применения электричества и магнетизма на практике. Создаются электродвигатели и электрогенераторы [1,2]. Развиваются технологии гидравлических двигателей, появляются первые гидравлические турбины (конец XIX-начало XX в.).

5 этап. Становление комплексной энергетики. К середине XIX века начинается использование электричества в энергетических целях. В 70-х, 80-х годах XIX века происходит переход от частных генераторов к централизованному производству электроэнергии, и появляются первые электростанции [1]. В XX веке создаются объединенные энергосистемы, появляются новые виды электростанций: АЭС, электростанции, работающие от возобновляемых источников энергии.

Современные технологии выработки энергии стремятся развивать преимущества каждого типа электростанций, и в настоящее время выбрать наиболее значимую отрасль энергетики практически не представляется возможным.

Литература

1. Л.Д. Белькинд, О.Н. Веселовский, И.Я. Конфедератов, Я.А. Шнейберг. История энергетической техники. М.: Госэнергоиздат, 1960.
2. Харламова Т.Е. История науки и техники. Электроэнергетика. – СПб.: СЗТУ, 2006
3. Г.И. Просветов. История техники. М.: Альфа-Пресс, 2017
4. МЭИ. История, люди, годы. Сборник воспоминаний в трех томах. Под общей редакцией С.В. Серебрянникова. М.: Издательский дом МЭИ, 2010.

*К.С. Рослова, А.И. Жещинский, студенты; рук. В.Н. Тульский, к.т.н.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

АВТОТРАНСФОРМАТОР АТ-2 И ЕГО ВКЛАД В ИСТОРИЮ СОВЕТСКОЙ КИНОПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кино, как никакой другой вид искусства, сильно связано с научно-техническим прогрессом. Открытия в физике, химии и инженерном деле радикальным образом меняли вектор развития кино, создавали новые жанры и художественные приемы. Кинотехника является широкомасштабной отраслью техники и включает в себя оптику, промышленную электронику, электроэнергетику, акустику.

Данная работа посвящена изучению киноавтотрансформатора для питания кинопередвижки АТ-2, истории его производства, а также анализу вклада АТ-2 в историю страны, советского кинематографа и электротехники. В рамках работы было проведено научно-историческое исследование электротехнического устройства. В работе показано, что автотрансформатор АТ-2 был представителем целой линейки киноаппаратуры и сыграл важную роль в истории советского кинопроизводства.

Литература

1. **Садуть Ж.** История киноискусства. От его зарождения до наших дней. — Перевод с 4-го франц. издания М.К. Левиной — М.: Инлитиздат, 1957.
2. **Jean-Marc Lamotte.** Lumière et fils // Encyclopedia of Early Cinema / Richard Abel (Ed.). — Routledge, 2005.
3. 20 лет советской кинематографии. Сборник статей – М.: Госкиноиздат, 1940.
4. **Голдовский Е.М.** Очерк истории кинопроекционной техники. - М.: Искусство. 1969.

*В.С. Дубовик, студент; В.Н. Тульский
(НИУ «МЭИ»)*

Кольцо Грамма

В истории становления электроэнергетики есть много известных фамилий, однако ещё больше имен сейчас забыты, оставшись лишь на страницах старых учебников. Зеноб Теофил Грамм – один из тех изобретателей, чей вклад в развитие энергетической отрасли сложно переоценить. В 1869 году Грамм получил патент на самовозбуждающийся генератор с кольцевым ротором и тороидальной обмоткой, названного «Машиной Грамма».

Именно с изобретения Грамма началось промышленное освоение генераторов постоянного тока.

Машина Грамма стала первым мощным электродвигателем, широко используемым в промышленности. До её изобретения электродвигатели обеспечивали низкую мощность и в основном использовались в лабораториях.

Именно Зеноб Теофил Грамм придумал использовать коллектор и щётки в конструкции электродвигателей.

17 июля 1871 года французский физик Жюль Жамен (1818-1886 гг.) представил машину Грамма парижской академии наук. В 1873 году на Венской всемирной выставке была обнаружена «обратимость» машины Грамма – одна и та же машина могла быть использована и как генератор, и как двигатель. В 1876 году было основано общество "Société des machines Gramme" для эксплуатации изобретения Грамма.

Литература

1. **Maurice Ponte.** Cérémonie commémorative du centenaire de la dynamo-Gramme à Liège le 8 mai 1969, dans Académie des sciences - notices et discours vol. V : 1963-1972, Gauthier-Villars, 1972
2. **Жорж Дари.** Электричество во всех его применениях/ Ж. Дари – С.-Петербург: типография А. С. Суворина, 1903 - 36, 37 с.
3. **Ржонницкий Б. Н.** Никола Тесла : первая отечественная биография / Борис Ржонницкий. - Москва : Яуза : Эксмо, 2009 – 25 с.
4. **Е. Тверитинов.** Электрическое освещение. Вып. 1-2: Курс минного офицерского класса / Составил Е. Тверитинов. - Санкт-Петербург, 1883-1884 (Тип. Морского Министерства) – 99 с.

А.Ю. Старкова, студ.; рук. В.Н. Тульский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МАШИНА ШТЕРЕРА

Первые электрические машины, работа которых основывалась на принципе магнитной индукции, были двухполюсными, и в поисках способа получения большей силы тока и большего напряжения немецкий электротехник Эмиль Штерер пришел к мысли о построении многополюсной машины, которая и была сконструирована им в 1843 году.

Магнитоэлектрическая машина Штерера имела три подковообразных постоянных магнита, установленных вертикально и закрепленных неподвижно на раме машины. Шесть индукционных катушек были снабжены железными сердечниками, укрепленными в железном кольце, установленном на вращающемся валу.

Изменение схемы соединений индукционных катушек позволяло увеличивать или уменьшать напряжение и изменять рабочий ток магнитоэлектрической машины. При каждом обороте вала машины происходило шестикратное изменение направление тока в катушках. Для выпрямления переменного на валу был установлен коммутатор, состоящий из четырех стальных шайб с тремя вырезами на каждой шайбе.

Коммутатор, примененный для своей машины Штерером, по своей конструкции является повторением коммутатора Якоби, установленного им на электродвигателе в 1834 году.

Исследования Э.Х. Ленца, который послужили началом теории динамомашин, были произведены именно на машине Штерера, в частности, он пользовался ей при своем исследовании 1847 года «О влиянии скорости вращения на индукционный ток, производимый магнитоэлектрическими машинами» [1]. Немецкий физик В.Э. Вебер также использовал магнитоэлектрическую машину Штерера для проведения опытов по измерению силы тока.

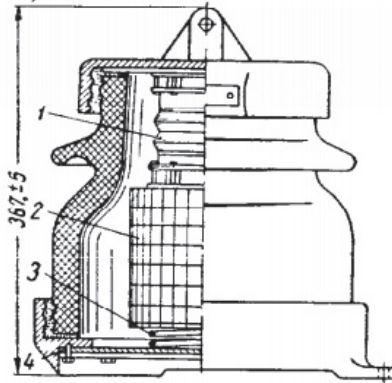
Среди подобных ей по принципу действия Машина Штерера считалась наиболее сильной [2], на ней проводилось множество физических опытов середины XIX века. В Политехническом музее Москвы находится усовершенствованный вариант машины Штерера, который отличается от первоначального количеством магнитов и катушек - их шесть и двенадцать соответственно – и расположением шкива. Принцип работы машины аналогичен первоначальному варианту.

Литература

1. **Гусев С.А.** Очерки по истории развития электрических машин. М.-Л.: Государственное энергетическое издательство, 1955.
2. **Ефремов Д.В., Радовский М.И.** История динамомашин. Под ред. акад. В.Ф. Миткевича. Л.: АН СССР, 1934.

Д.К. Чесноков, студ.; рук. В.Н. Тульский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РТНМ-6



В данной работе проведено научно-историческое исследование изобретения советских инженеров под названием РТНМ-6 (Разрядник Тиритовый Наружный Модернизированный бкВ). Работа подведена к итоговому окончанию реконструкции основного здания Политехнического музея, откуда и был взят для описания данный предмет. Итоговой целью было изучение конструктивных особенностей экспоната, а также выявление его значимости в истории развития защитных аппаратов.

Второстепенной задачей было исследование особенностей материала под названием тирит. Специальные диски из которого служили одной из неотъемлемых частей разрядника, а также история изобретения данного полупроводникового материала.

Литература

1. **Скоблина С.И., Соколов Н.Н.** Тирит //Электричество. 1937. №8.
2. **Сиротинский Л.И.** Перенапряжения и защита от перенапряжений в электрических установках// М.: Энергоиздат, 1933.
3. **Смунов А.А.** Электроника высокого напряжения// М.: Государственное научно-техническое издательство, 1931-1935.

Н.С. Гнездилов, студ.; рук. В.Н.Тулский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ВКЛАД ВСЕСОЮЗНОГО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА В РАЗВИТИЕ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

В данном докладе проведено научно-историческое исследование разработки Всесоюзного (Всероссийского) электротехнического института – одноанодного ртутного выпрямителя РМНВ-500х6. Работа подведена к итоговому окончанию реконструкции основного здания Политехнического музея, откуда и был взят для описания этот предмет. Целью исследования был технический анализ достоинств принципиально новой конструкции выпрямителя, а так же анализ необходимости в нем на фоне активно развивающегося Московского метрополитена. И представления хронологии разработки как вклада в общую историю электротехники.

Ртутные выпрямители были одними из основных элементов в электроснабжении тяги метровагонов. На начальной стадии используемая конструкция имела ряд недостатков, в том числе достаточно серьезных. Новая конструкция, разработанная в ВЭИ, частично или полностью их устраняла. Это позволяло с минимумом затрат организовать производство и эксплуатацию при значительно более высокой надежности элемента. Что так было необходимо активно развивающемуся Московскому метрополитену.

Помимо приведения исторической справки была поставлена задача в кратком описании технических особенностей и доступном объяснение основных принципов работы ртутного выпрямителя.

Литература

1. **Вашурин, А.А.** Справочник электромеханика тяговой подстанции / А.А. Вашурин, В.Б. Лапин, М.Б. Прусаков. – Изд. 2-е, переработанное и дополненное. – М.: Транспорт, 1964. - 424 с.
2. **Бугаев, Ф. И.** Одноанодные ртутные выпрямители / Ф. И. Бугаев, В.Л. Савицкий, Е.Л. Эттингер // Электричество. – 1946. – № 11. – С. 29-35.
3. **Савицкий, В. Л.** Мощный одноанодный ртутный выпрямитель / В. Л. Савицкий // Электричество. – 1946. – № 11. – С. 36-39.

А.И. Жещинский, студ.; рук. В.Н. Тульский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ПЕРО ЭДИСОНА И ЕГО ВКЛАД В ИСТОРИЮ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

В данном докладе проведено научно-историческое исследование изобретения известного американского ученого Томаса Альвы Эдисона-Электрического Пера. Работа подведена к итоговому окончанию реконструкции основного здания Политехнического музея, откуда и был взят для описания этот предмет. Целью исследования было, с одной стороны, по дневникам Томаса Эдисона [1] провести технический анализ устройства, выявить его достоинства и недостатки. С другой, хронологически выстроить путь становления изобретения и предпосылки к его созданию в историческом контексте времени, вклад в общую историю электротехники.

Перо Эдисона является одним из первых изобретений, работающих благодаря силе электроэнергии. Однако же, свою славу Перо сыскало уже будучи далеко устаревшим устройством, став одним из самых неудачных проектов Эдисона. Как стало известно в ходе работы, уже после снятия электрического пера с производства его приобрел Томас О'Райли. Реконструировав перо и запатентовав новое изобретение [2], О'Райли явил миру первую тату-машинку, которая перевернула тату-индустрию.

Параллельно с этим исследованием была поставлена второстепенная цель найти путь электрического пера от американской фактории к месту в богатейшей коллекции Политехнического музея, по которому так же, по найденным источникам [3], была построена полноценная теория.

Литература

1. **Собрание Дневников Эдисона**- 20.07.1875./[Электронный ресурс].- Режим доступа: URL: <http://edison.rutgers.edu/NamesSearch/SingleDoc.php?DocId=Ne1676255&se archDoc=Enter> доступ свободный
2. Пат. США No 464801 “Tattooing machine”, 08.12.1891/ S.F. O'Reilly
3. **Бонч-Бруевич В.Д.** Первый русский мимеограф(памяти Л.И.Радина)//Пролетарская Революция.-1921.-№2.-С. 171-172.

Секция 54

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Руководитель секции: Гусев Юрий Павлович

Секретарь секции: Купчинов Александр Дмитриевич

А. Ш. Маджидов, асп.; рук. Ю. П. Гусев, к.т.н., доц. (НИУ, МЭИ)
**ВЛИЯНИЕ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ НА РАБОТУ
АГРЕГАТОВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЭЦ**

При коротких замыканиях, скорость вращения асинхронных двигателей (АД) собственных нужд (СН) ТЭЦ уменьшается, что может привести к останову технологического оборудования электростанций и отключению генераторов от электрической сети.

Целью исследований, являлось определение влияния провалов напряжения, вызванных короткими замыканиями разной электрической удаленности, на возможность самозапуска АД.

Исследование выполнено на примере системы электроснабжения собственных нужд (СН) напряжением 0,4 кВ ТЭЦ №1 города Душанбе Республики Таджикистан.

Расчет выбега и самозапуска АД производился с учетом не только снижения напряжения на шинах СН ТЭЦ, но и с учетом изменения фазы ЭДС АД относительно напряжения сети [1]. При ЭДС АД сдвинутой на 180° по отношению к напряжению сети, при восстановлении напряжения после отключения короткого замыкания, ток АД превышал пусковой ток более чем в 2 раза [2]. Изменение угла между вектором ЭДС АД и вектором напряжения сети до 180° происходило за 0,3-0,5 с, а величина остаточного напряжения на шинах СН, в это время составляла 0,5-0,7 от номинального. Максимальное значение ударного электромагнитного момента, превышающего в 1,5-2 раза момент при коротком замыкании достигается при углах включения $180^\circ \pm (45^\circ-75^\circ)$. С этой точки зрения желательно иметь достаточно большой промежуток времени до восстановления напряжения, чтобы обеспечить снижение остаточного напряжения и приемлемые значение ударного тока и момента при отключении короткого замыкания. Напряжение на шинах СН практически полностью затухает за 2с [2].

С помощью программы ETAP (компания OTI США) исследованы и определены предельно допустимые продолжительности и глубина провалов напряжения на шинах СН, вызванных дугowymi короткими замыканиями разной электрической удаленности, для наиболее ответственных механизмов СН с учётом характеристик удержания включённого состояния магнитных пускателей и контакторов.

Литература

1. Черновец, А.К. Электрические станции: Изд-во ЛПИ. 2012, 149с;
2. Сивокобыленко В.Ф., Лебедев В.К. Переходные процессы в системах электроснабжения собственных нужд электростанций. Изд-во – ДонНТУ, 2002. — 136 с

Рябченко В.С., студ.; рук. Ю.В. Монаков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ РЕЛЕЙНОЙ
ЗАЩИТЫ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ РЕЖИМА ЗАЗЕМЛЕНИЯ
НЕЙТРАЛИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ**

Распределительные сети напряжением 6-10 кВ, работают, в большинстве случаев, с компенсированной или изолированной нейтралью. Поэтому при однофазных замыканиях на землю (ОЗЗ), ток замыкания не велик и не отключается действием релейной защиты. Однако, длительное удержание ОЗЗ, особенно нестабильного дугового (когда загорается и гаснет, так называемая, перемежающая дуга), приводит к возникновению высоких перенапряжений и повреждениям электрооборудования. Из-за того, что реальный ток замыкания на землю зависит от изменяющихся параметров сети и не постояен, сложно обеспечить правильность работы релейной защиты (РЗ) при ОЗЗ.

В работе рассматриваются режимы заземления нейтрали посредством:

- Низкоомного резистора
- Высокоомного резистора
- Дугогасящего реактора (ДГР)
- Комбинирования ДГР и резистора

Для каждого режима заземления нейтрали характерны свои особенности выбора РЗ. Так как в зависимости от типа заземления нейтрали изменяются токи и времена срабатывания РЗ, а также ее чувствительность и селективность. Также согласование защит подстанций и распределительных пунктов сети должно производиться путем установки разных выдержек времени срабатывания, если допустимо, то с шагом селективности 0,2-0,3 с.

Была разработана математическая модель в программной среде EMTP-RV, которая воссоздает работу фрагмента сети, позволяет рассчитывать перенапряжения в различных режимах работы сети (при различных режимах заземления нейтрали). Также возможно рассчитать токи на всех уровнях предполагаемой установки защит от ОЗЗ, что позволяет составить карты селективности и оценить эффективность выстроенной системы РЗ. В результате работы планируется сформировать рекомендации по построению систем РЗ от ОЗЗ в распределительных сетях с различными способами заземления нейтрали.

Также данные результаты будут использованы в процессе обучения студентов.

Литература

1. Electro-Magnetic Transients Program (EMTP) Theory Book.
2. <http://static.pnpbolid.com/pdf/V-Conference-2008--06.pdf>

С.А. Косарев, студ.; рук. Ю.П. Гусев, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ НА ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ДУГОВЫХ ЗАМЫКАНИЯХ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ 6(10)-20 КВ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЕЙ

Режим заземления нейтрали в распределительных сетях 6(10) и 20 кВ оказывает существенное влияние на однофазные дуговые замыкания на землю (ОДЗ). При перемежающемся характере горения дуги могут возникать существенные перенапряжения [1]. Наиболее чувствительной к перенапряжениям является статорная изоляция обмоток генераторов и двигателей, которые в ряде случаев, например на теплоэлектростанциях, могут иметь непосредственную гальваническую связь с распределительной сетью, в которой возникают ОДЗ. Целью проведённых исследований была оценка влияния режима заземления нейтрали на кратности перенапряжений и разработка рекомендаций по их снижению.

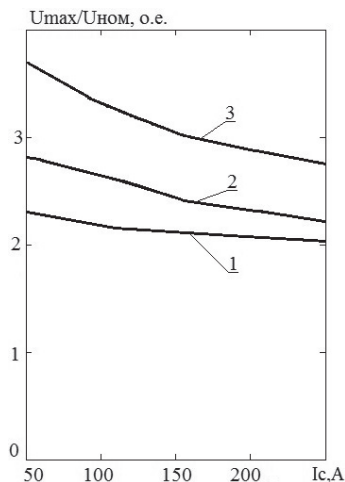


Рис.1. Зависимость кратностей перенапряжений от суммарного ёмкостного тока

Для решения поставленной задачи в программе EMTP-RV была разработана модель перемежающейся электрической дуги, учитывающая особенности процесса восстановления электрической прочности изоляции, а также активное сопротивление электрической дуги. Суммарный ёмкостной ток варьировался в диапазоне 50 – 250 А. На рис. 1 представлены полученные в процессе исследования зависимости максимальных перенапряжений на неповреждённых фазах от суммарного ёмкостного тока для заземленной через резистор (кривая 1), с заземлением через дугогасящий реактор с перекомпенсацией 5% (кривая 2) и для изолированной (кривая 3) нейтрали. Полученные результаты позволяют рекомендовать переход с компенсированного на резистивный режим нейтрали, либо провести мероприятия по уменьшению максимально допустимой расстройки компенсации и внедрению быстродействующих защит, совмещая их со снижением уровней суммарного ёмкостного тока.

Литература

1. Гусев Ю.П., Косарев С.А. Перенапряжения в распределительных сетях при однофазных замыканиях на землю // Энергоэксперт. - 2018. - № 2. С. 58-61.

*С.А. Косарев, А.Н. Гусев – студенты; рук. Ю.П. Гусев, к.т.н., доц.,
А.А. Антонов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОНИЖАЮЩИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ

Системы автоматизированного проектирования (САПР) являются удобным инструментом, существенно сокращающим время и затраты на подготовку проектных решений и проектной документации. Однако в электроэнергетической отрасли России данные системы отечественной разработки ещё не получили достаточного распространения, в то время как многие САПР иностранного производства не учитывают особенности действующих на территории РФ нормативных документов, что ограничивает возможности их внедрения. Это делает актуальной задачу разработки САПР, способной учитывать как иностранные, так и российские нормативные требования.

В ходе выполненной работы была разработана и реализована базовая версия САПР, обеспечивающая выполнение эскизного проектирования электрической части двухтрансформаторных понижающих подстанций (П/Ст). Разработанная САПР имеет модульную структуру, благодаря чему возможно для каждого пользователя САПР сформировать из готовых модулей состав программного продукта таким образом, чтобы удовлетворять его индивидуальным требованиям. В текущей версии в структуру САПР входят модуль ввода исходных данных, модуль предварительного выбора трансформаторов из базы данных (выбор может осуществляться по ГОСТ 14209, с учётом надёжности трансформаторов, либо по ИЕС 60067-7), модуля экономического сопоставления предварительно выбранных вариантов, и модуля построения эскизной структурной схемы П/Ст (фрагмент построенной САПР схемы П/Ст показан на рис. 1.).

Реализованная в настоящее время версия САПР может применяться не только при выполнении эскизного проектирования П/Ст с номинальной мощностью трансформаторов до 100 МВА, но и при обучении студентов по направлению «Электроэнергетика и электротехника», что выделяет её среди аналогичных программ. Дальнейшее развитие данной САПР может быть связано с реализацией возможности проверки уже существующих, либо нетиповых моделей трансформаторов, а также с расчётом показателей надёжности проектируемой схемы, либо её компонентов.

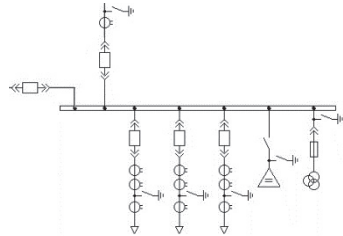


Рис.1. Фрагмент схемы П/Ст, сформированный текущей версией САПР

*Д.Ю. Середкин, студ; рук-ли. Ю.В. Монаков, к.т.н., доц.;
А.Д. Купчинов, асп. (НИУ «МЭИ»)»*

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ВОЗБУЖДЕНИЯ МАШИН ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ НА ТОКИ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

Использование машин двойного питания (МДП) в качестве генераторов является эффективным решением для таких направлений энергетики как ветроэнергетика и малая гидроэнергетика, поскольку они позволяют осуществлять регулирование выдачи активной и реактивной мощности без применения дорогостоящих накопителей и преобразователей. Прогресс в данной области энергетики в РФ совпадает с общей политикой многих инвесторов, направленной на развитие ВИЭ, например, развитие «Росатомом» неядерного направления в рамках «ВетроОГК», осуществляющее строительство ветропарков на территории РФ. Согласно статистике НП «Совет рынка» объем выработки электроэнергии на объектах ветроэнергетики за последние 4 года вырос более чем в 9000 раз.

Таким образом, в связи с повсеместным строительством ветропарков и недостаточной изученностью поведения машин двойного питания в переходных и аварийных режимах, исследование влияния систем возбуждения машин двойного питания на токи коротких замыканий (ТКЗ) является актуальной проблемой для РФ, что и является основной целью данной работы.

Для достижения данной цели применялись методы компьютерного моделирования, а именно – разработана модель для расчета токов короткого замыкания от МДП в программном обеспечении EMTP-RV. Следующий шаг исследования – верификация расчетной модели с помощью ручного расчета ТКЗ по стандарту МЭК 60909 [1] и сравнение результатов моделирования и расчета. В рамках работы планируется сравнить четыре вида систем возбуждения МДП, которые наиболее широко распространены согласно [2].

Дальнейшее использование результатов данного исследования возможно при разработке рекомендаций и стандартов по проектированию объектов ВИЭ на базе МДП с целью снижения уровней ТКЗ в сети.

Литература

1. **IEC 60909-0-2016.** Short-circuit currents in three-phase a.c.systems. Part 0: Calculation of currents.
2. **Camm EH, Behnke MR, Bolado O,** et al. Wind power plant collector system design considerations: IEEE PES wind plant collector system design working group. In: Proceedings of the 2009 IEEE power and energy society general meeting (PES'09), 26–30 July 2009, Calgary, Canada, 7 pp.

*О.О. Репик, студ.; рук-ли: Ю.В. Монаков, к.т.н., доц.; Е.П. Окнин, асс.
(НИУ «МЭИ»)»*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫБОРА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА ЗАЗЕМЛЕНИЯ ЭКРАНОВ КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА НАПРЯЖЕНИЕМ 6-35 КВ

В настоящее время в России ведется активное внедрение кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена среднего и высокого напряжений, в том числе однофазных. На данный момент наиболее распространенным способом является двухстороннее заземление экранов. При двухстороннем заземлении экранов протекание тока по экрану кабеля в нормальном рабочем режиме вызывает потери мощности, которые также снижают пропускную способность кабеля. Исключить ток в экране можно с помощью одностороннего заземления или транспозиции экранов, однако при этом необходимо учитывать вопросы электробезопасности. Из-за необходимости комплексного учёта всех перечисленных факторов, на сегодняшний день вопрос определения оптимального способа заземления экранов кабелей недостаточно проработан [2, 3].

В рамках работы проведено экспериментально-аналитическое исследование возможных способов заземления экранов кабелей и оценено влияние потерь мощности и паразитных токов, протекающих в экранах кабелей в нормальном режиме при двухстороннем заземлении экрана. С этой целью разработана и реализована модель кабельной линии с использованием программы EMTP-RV. Модель позволяет исследовать влияние способов заземления экранов на эффективность кабельной линии.

Результаты проведенного исследования могут быть использованы для выбора энергоэффективного способа заземления экранов при проектировании и эксплуатации линий с кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Литература

1. **Дмитриев М.В.** Выбор и реализация схем заземления экранов однофазных кабелей 6-500 кВ // *Электроэнергия. Передача и распределение.* - 2013. - № 6. С. 90-97.
2. **Быстров А.В.** Анализ систем заземления экранов однофазных силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 6–500 кВ // *Электрооборудование: эксплуатация и ремонт.* - 2013. - № 3. С. 9-13.
3. **Novak B., Tamus Z.A., Koller L.** Heating of cables due to fault currents. - Conference Record of the 2010 IEEE International Symposium, San Diego, CA, 2010. С. 180-184.

*С.В. Борванов, студ.; рук. Ю.П. Гусев, к.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ»)*

ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕХОДНЫХ ВОССТАНАВЛИВАЮЩИХСЯ НАПРЯЖЕНИЙ

Одним из критериев выбора выключателей в сетях различного напряжения являются параметры переходных восстанавливающихся напряжений (ПВН), которые возникают между контактами после погасания дуги в дугогасительной камере выключателя. Сверхнормативные значения этих параметров приводят к повторному зажиганию дуги между контактами выключателя, что в свою очередь повышает износ оборудования и аварийность, может приводить к недоотпуску электроэнергии потребителям.

Повторное зажигание дуги в выключателе может возникнуть вследствие высокой амплитуды ПВН, которая может превысить электрическую прочность изоляционного промежутка между контактами, а также из-за высокой скорости нарастания ПВН, когда напряжение между контактами растёт быстрее, чем восстанавливается электрическая прочность промежутка.

Наряду с выбором новых выключателей необходимо производить проверку уже находящихся в эксплуатации выключателей по ПВН и при необходимости устанавливать дополнительное оборудование, позволяющее ограничить влияние ПВН.

Характер изменения во времени значения напряжения на контактах выключателя после погасания в нём электрической дуги представлен на рис. 1.

В работе проанализирована эффективность ограничения ПВН с помощью ОПН, а также с помощью изменения ёмкости и активного сопротивления коммутируемых цепей. Исследование выполнено с помощью метода математического моделирования в программном комплексе EMTP-RV. В разработанной модели учтено влияние на ПВН цепей с сосредоточенными и распределёнными параметрами. Разработаны блоки, позволяющие сравнивать ПВН с нормирующими значениями, задаваемыми в соответствии с действующими стандартами.

Литература

1. **H. Schramm.** Schalten im Hochspannungsnetz / H. Schramm. – Berlin: VDE Verlag, 2015. – S. 366

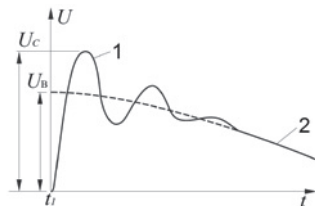


Рис. 1. Характер изменения во времени значения напряжения на контактах выключателя [1]: 1 – ПВН, 2 – возвращающееся напряжение (50 Гц); U_C – амплитуда ПВН, U_B – амплитуда возвращающегося напряжения, t_1 – момент погасания дуги.

В.Ю. Зинюк, студ.; рук. А.П. Долин, к.т.н., доц. (НИУ “МЭИ”)
**ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ
БЛОКА ГЕНЕРАТОР – ТОКОПРОВОД – ТРАНСФОРМАТОР**

Наиболее важным и ответственным оборудованием на электрических станциях являются блоки генератор – токопровод - трансформатор. Развитие дефекта в любом из этих элементов может привести к отключению всего блока, а также к выходу из строя дорогостоящего оборудования. В настоящее время значительная часть электротехнического оборудования отработала свой нормативный срок, поэтому возрастает значение диагностирования, позволяющего определить наличие и уровень опасности дефектов. Экономически и технически желательно выполнение диагностики на работающем оборудовании или, в крайнем случае, при кратковременном выводе его из работы.

Для оценки эффективности различных методов диагностирования частичных разрядов в изоляции оборудования проведены полевые испытания силовых трансформаторов с использованием акустического, электрического и индукционного методов [1].

Выполнены измерения частичных разрядов электрическим методом на работающем генераторе и индукционным методом (с использованием датчика емкостного типа) на отключенном генераторе (с подачей напряжения от постороннего источника) [2].

В ходе проведения работ по диагностированию экранированных токопроводов установлена целесообразность использования акустического метода в качестве основного для обнаружения и локализации частичных разрядов и индукционного метода в качестве дополнительного. Использование двух независимых методов измерений позволяет избежать или, по крайней мере, значительно снизить вероятность ошибок.

Результаты настоящей работы, а также апробированные диагностические методы и оборудование могут быть использованы на электрических станциях и подстанциях при текущем контроле технического состояния генераторов, токопроводов, трансформаторов в соответствии с требованиями новой редакции ОНИЭ [3].

Литература

1. **СТО 56947007-29.180.01.207-2015.** Методика измерения частичных разрядов в маслобарьерной изоляции силового трансформаторного оборудования.
2. **ГОСТ IEC/TS 60034-27-2-2015.** Измерения частичного разряда на изоляции статорной обмотки включенных в сеть вращающихся электрических машин.
3. **СТО 34.01-23.1-001-2017.** Объем и нормы испытаний электрооборудования.

Р.Н. Касацкий, студ.; рук-ли: Ю.В. Монаков, к.т.н., доц.; Е.П. Окнин, асс. (НИУ «МЭИ»)»

УСТОЙЧИВОСТЬ ГЕНЕРИРУЮЩИХ АГРЕГАТОВ МИНИ-ТЭЦ ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЕ С ЭЭС

Реформирование энергетики, последствия износа электрооборудования, рост тарифов, сложность подключения к сетям и увеличение мощности привели к тому, что промышленные предприятия стремятся к созданию собственных источников электрической и тепловой мощности. В настоящее время актуален вопрос использования мини-теплоэлектростанций в производстве электроэнергии, в т.ч. при параллельной работе с электроэнергетической системой ЭЭС.

Вместе с тем, на сегодняшний день отсутствуют нормативы, терминология, способы подключения и технические требования к объектам распределенной генерации. В зарубежных стандартах рассмотрены терминология и некоторые технические требования [3]. Исследования аварий и возмущений на мини-ТЭЦ позволяют улучшить динамическую и результирующую устойчивости генерирующих агрегатов в различных режимах работы.

С этой целью разработана математическая модель энергосистемы с мини-ТЭЦ с использованием программы ETAP. Модель включает в себя ТЭЦ с генераторами малой мощности, подключенную к ЭЭС на параллельную работу. Рассмотрены различные варианты работы сети – автономно и при параллельной работе с ЭЭС, нормальный и аварийные режимы работы сети, в т.ч. воздействия внешних КЗ, а также их влияние на устойчивую работу генерирующих агрегатов [1, 2].

Результаты проведенного исследования могут быть использованы в качестве рекомендаций по присоединению объектов распределенной генерации к ЭЭС.

Литература

1. **Веников В.А.** Переходные электромеханические процессы в электрических системах. Учебник для электроэнергетических специальностей вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1985 – 536 с.
2. **Жуков В.В.** Короткие замыкания в узлах комплексной нагрузки электрических систем /Под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Издательство МЭИ, 1994. – 224 с., ил.
3. **IEEE Standart.** 1547-2018. Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems.

А.Н. Гусев, студ.; рук. А.А. Антонов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУППЫ ТРЕХ И БОЛЕЕ КАБЕЛЬНЫХ
 ЛИНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ОДНОЖИЛЬНЫМИ
 ЭКРАНИРОВАННЫМИ КАБЕЛЯМИ**

Кабельные линии (КЛ), выполненные одножильными экранированными кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена напряжением 110-500 кВ, чаще всего используются в качестве кабельных вводов кабельно-воздушных линий на распределительное устройство подстанции, длина таких кабельных вставок составляет несколько сотен метров, число кабельных линий в одной траншее достигает 4 – 6 шт. Расстояние между осями КЛ принято 500-800 мм (рис. 1, расстояния S 1-2, S 2-3), ширина кабельной траншеи не более 10 м. Таким образом, между КЛ есть взаимоиндукция, которую необходимо учитывать при расчете параметров КЛ нулевой последовательности. В настоящее время имеются методики расчета сопротивлений только группы из двух КЛ [1].

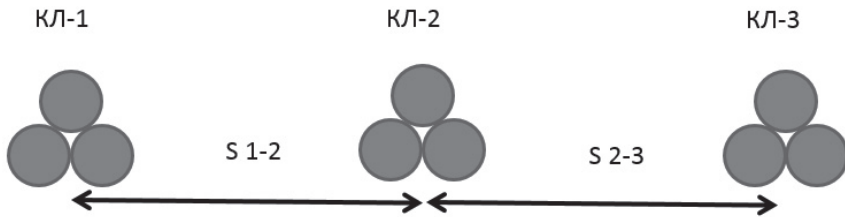


Рис. 1. Схема расположения трех близко проложенных КЛ

В результате работы получены аналитические выражения для расчета собственных и взаимных сопротивлений нулевой последовательности группы из трех КЛ, рис. 1. Верификация полученных выражений проведена в *EMTP-RV*. Выявлено, что взаимоиндукцией КЛ можно пренебречь при расстояниях S 1-2, S 2-3 более 10 метров. Расчетные формулы сопротивлений даже для группы из трех КЛ громоздки для ручных расчетов, поэтому для группы из четырех и более КЛ, предложено использовать преобразования исходной матрицы сопротивлений к матрице треугольного вида.

Полученные результаты будут использованы при обновлении Методики расчета параметров высоковольтных кабельных линий с изоляцией из сшитого полиэтилена, используемую специалистами ПАО «ФСК ЕЭС», АО «СО ЕЭС», проектными организациями.

Литература

1. Методика расчета параметров высоковольтных кабельных линий с изоляцией из сшитого полиэтилена. – НИУ «МЭИ», 2012 г. – 121 с.

*Н.А. Нестерова, студ; рук. А.А. Антонов, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ОЦЕНКА СРОКА СЛУЖБЫ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА В СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ 6 – 10 КВ

В сетях 6 – 10 кВ, имеющих режим изолированной (компенсированной) нейтрали, релейная защита от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) работает на сигнал, вследствие чего допускается существование ОЗЗ продолжительностью до двух часов [1]. ОЗЗ сопровождаются высокочастотными перенапряжениями кратностью до $3,2U_{ном}$, вызывающими появление и развитие трингов в изоляции кабелей из сшитого полиэтилена (СПЭ). Образование трингов ускоряет старение СПЭ и сокращает срок службы кабельной линии (КЛ). В отличие от традиционной бумажно-масляной изоляции кабелей 6 – 10 кВ, СПЭ не является самовосстанавливающейся изоляцией, что приводит к росту длины трингов с течением срока эксплуатации (накоплению дефектов).

В результате работы был выполнен анализ текущих данных о статистике отказов КЛ с изоляцией из СПЭ, оценены изменения показателей надежности с течением срока эксплуатации КЛ в зависимости от доли кабелей с изоляцией из СПЭ. Для выбранного участка сети 6 – 10 кВ с суммарной протяженностью КЛ 200 км согласно статистике случается в среднем за год 30 ОЗЗ, продолжительность каждого - 2 часа. Итого суммарное время ОЗЗ в год – 60 часов. По расчетам на модели старения твердой изоляции Крина и результатам лабораторных испытаний [2] время повреждения изоляции до электрического пробоя составляет около 1400 часов суммарной продолжительности ОЗЗ, что соответствует сроку службы КЛ около 23 лет. Таким образом, ожидаемый срок службы КЛ с изоляцией из СПЭ в сети с изолированной нейтралью в 1,5 – 2 раза меньше ожидаемого срока службы, заявляемого производителями (30 – 40 лет).

Результаты работы позволяют прогнозировать изменение параметров надежности распределительных кабельных сетей с изолированной (компенсированной) нейтралью 6 – 10 кВ в зависимости от фактического срока эксплуатации кабельных линий.

Литература

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (утверждены приказом Минэнерго РФ от 19 июня 2003 г. N 229).
2. **Boonruang Marungsri, Anucha Rawangpai and Nimit Chomnawang.** Investigation Life Time Model of 22 kV XLPE Cable for Distribution System Applications in Thailand. Institute of Engineering, Suranaree University of Technology.

*М.Жамбалдорж, студ.; А.Лхамдондог, асп.; рук. Ю.П.Гусев,
к.т.н., проф.; Ю.В.Моисаков, к.т.н.(НИУ «МЭИ»)»*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БЛОКОВ КОНДЕНСАТОРОВ В НЕЙТРАЛИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПРИ ПРОТЕКАНИИ ГЕОИНДУЦИРОВАННЫХ ТОКОВ

В работе рассматривается влияние геоиндуцированных токов (ГИТ) на работу электроэнергетических систем. При геомагнитных бурях (ГМБ) возмущения геомагнитного поля Земли индуцируют на поверхности земли электрические поля, в результате чего в системах электроснабжения (СЭС) напряжением 110 кВ и выше между заземлителями подстанций наводится квазипостоянная электродвижущая сила [1]. Основное воздействие ГИТ на СЭС заключается в насыщении магнитной системы силовых трансформаторов, что приводит к возрастанию кратности пусковых токов и увеличению гармонических искажений токов намагничивания. Частота ГИТ составляет порядка 0,001-0,1 Гц. ГИТ могут вызвать ложное срабатывание и отказ релейной защиты, и как следствие, нарушение функционирования СЭС или развитие аварий.

Одним из решений данной проблемы является установка пассивного электронного компонента с малой проводимостью в виде конденсатора в нейтрали трансформатора. Конденсатор не пропускает постоянный ток, так как его обкладки разделены диэлектриком, тем самым позволяя снизить негативное влияние ГИТ в электрических сетях [2].

Для исследования влияния и снижения негативного воздействия ГИТ была разработана модель силового трансформатора в программном пакете Elcut Professional. Модель позволяет рассчитывать влияние ГИТ на работу трансформаторов с учетом блоков конденсаторов и при их отсутствии. Результаты исследования позволят количественно и качественно оценить негативное влияние токов ГИТ на трансформаторы при ГМБ различной интенсивности, разработать рекомендации для их учета и повысить надежность электроэнергетических систем в целом.

Литература

1. Ягова Н.В., Пилипенко В.А., Федоров Е.Н., Лхамдондог А.Д., Гусев Ю.П. Геоиндуцированные токи и космическая погода: ПЗ пульсации и экстремальные значения производных по времени горизонтальных компонент геомагнитного поля. – Физика Земли, 2018, № 5, с. 89-103.

2. John Kappenman, Low-Frequency Protection Concepts for the Electric Power Grid: Geomagnetically Induced Current (GIC) and E3 HEMP Mitigation, Rep, Meta-R-322, Metatech Corp, Goleta, Galiforni, 2010.

Д.Е.Володин, студ.; рук. А.Д.Купчинов, асп. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКОВ И САМОЗАПУСКОВ
ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ В
СИСТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ СИЛОВЫХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ**

В структуре технологических потерь электрических сетей расход электроэнергии на собственные нужды подстанций составляет до 5%, из которых до 40% потребления приходится на системы охлаждения силовых трансформаторов и автотрансформаторов. Охлаждение трансформаторов имеет высокий потенциал к снижению расхода электроэнергии, одним из способов снижения является применение частотно-регулируемого электропривода (ЧРП) вентиляторов и масляных насосов. На данный момент, на ряде подстанций, в частности на ПС 750 кВ Владимирская и ПС 500 кВ Очаково проведено внедрение шкафов управления охлаждения трансформаторов (ШАОТ) на базе ЧРП [1]. Вместе с тем, применение ЧРП имеет ряд недостатков, таких как повышенная чувствительность к провалам и прерываниям напряжения, что вызывает необходимость разработки мероприятий по их ликвидации [2].

Целью исследования является оценка условий пусков и самозапусков механизмов системы охлаждения с частотным регулированием.

В научной работе проведено моделирование частотного и прямого пусков и самозапусков асинхронного двигателя (АД). В качестве исследуемого был взят АД с мощностью 3 кВт, что соответствует эквивалентной мощности вентиляторов ШАОТ. Как показывают результаты моделирования, при частотном пуске расход электроэнергии снизился почти на 15%. Также были предложены рекомендации, благодаря которым удалось решить проблему с чувствительностью ЧРП к провалам напряжения. В качестве варианта предложено применение байпасной линии, по которой шло питание в случае отключения ЧРП. Без байпасной линии при восстановлении питания после КЗ ЧРП отключались и самозапуск был неуспешный.

В дальнейшем планируется исследование влияния установки накопителя электроэнергии в звене постоянного тока ЧРП для улучшения условий самозапусков. Результаты исследования могут быть использованы при проектировании систем собственных нужд ПС.

Литература

1. **Рябин Т.В., Паринов И.А.** Пилотные проекты как этап создания энергоэффективных подстанций ПАО «ФСК ЕЭС», *Энергия единой сети №3(20) 2015*
2. **Храмшин Т.Р., Корнилов Д.П., Крубцов Д.С., Николаев А.А., Карандаева О.И., Журавлев П.Ю.** Способы повышения устойчивости электроприводов непрерывных производств при провалах напряжения, *Russian Internet Journal of Industrial Engineering. 2013. №1.*

*К.В. Романова, студ.; рук. Ю.В. Монаков, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ С СЕТЬЮ МАШИНЫ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ

Одной из важных задач является обеспечение потребителей постоянной частотой питающего напряжения при переменной частоте вращения вала источника механической энергии. Применение машины двойного питания (МДП) в таких системах имеет большие перспективы. Конкурентоспособное место в системах генерирования электроэнергии МДП занимает благодаря хорошим регулировочным возможностям [2]. Особенно актуально применение таких машин в ветроэнергетике и малой гидроэнергетике, что обусловлено непостоянными скоростями вращения вала генератора в таких установках. Вследствие этого интерес к углубленному изучению МДП растет.

Параллельная работа нескольких (в общем случае n) МДП практически не исследована. В настоящее время, в связи с тенденцией роста их практического применения, становится актуальной необходимость исследования режимов и устойчивости параллельной работы МДП в энергосистеме.

Для исследования режимов работы МДП оптимально использовать математическое моделирование переходных процессов, возникающих при эксплуатации. Для этого в программной среде EMTP-RV разработана модель машины двойного питания и имитируется фрагмент прилегающей энергосистемы. Исследуются такие режимы, как синхронизация с сетью МДП, работа МДП в качестве источника реактивной мощности, работа при постоянном тормозном моменте и др. Разработан проект физической модели для проведения натуральных экспериментов.

Результаты исследования будут использованы, в том числе и для разработки лабораторных работ по курсу «Специальные вопросы электроэнергетики, часть 1». В процессе их выполнения будут рассматриваться режимы работы МДП при номинальной и минимальной нагрузках. После реализации проекта физической модели планируется также проведение лабораторных работ с использованием установки.

Литература

1. **Копылов И.П.** Математическое моделирование электрических машин. М.: Высш. шк., 2001. 327 с.
2. **Муравьев А.А.** Управление машиной двойного питания, генерирующей электроэнергию при переменной частоте вращения: дис. канд. тех. наук. ЛГТУ, Липецк, 2018.

*А.Г. Каюмов, асп.; рук. Ю.П. Гусев, к.т.н., проф
(НИУ "МЭИ")*

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ КООРДИНАЦИИ УРОВНЕЙ ТОКОВ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ РАСЧЕТА

Рост установленных мощностей электростанций и подстанций, ввод в эксплуатацию все более современных, мощных и экономичных видов электрооборудования, появление транзитных воздушных линий электропередачи, соединяющих энергосистему Республики Таджикистана (РТ) со странами СНГ и другими соседними странами, делают актуальной проблему согласование параметров установленного в РТ электрооборудования с динамикой роста токов короткого замыкания (КЗ).

В работе дана оценка соответствия электрооборудования существующим уровням токов КЗ, в краткосрочной и долгосрочной перспективах развития энергосистемы РТ. Выявлено несоответствие отключаемой способности ряда выключателей 110 кВ, в том числе на подстанции Джангал и ГЭС Головная, на которых установлены масляные выключатели типа МКП с номинальным током отключения 20 кА. По результатам расчетов, выполненных с помощью программы *Neplan* (ВСР, Швейцария) токи КЗ в этих узлах сети составляет 23,4 и 23,5 кА. Для решения проблемы координации уровней токов КЗ, проанализирована целесообразность применения следующих методов: оптимизации структуры и параметров сетей (схемные решения); стационарного или автоматического деления сети; применение токоограничивающих устройств; оптимизация режима заземления нейтралей электрических сетей. Однако, для реализации указанных методов требуются значительные трудозатраты и дополнительные капиталовложения, может возникать небаланс мощностей источников питания и нагрузки в разделившихся частях сети, а также время восстановления нормального режима может достигать 5-10 с. В процессе выполнения расчетов установлено завышение расчетных значений токов КЗ, получаемых при использовании стандартных методов расчета. В установленных руководящими документами методах расчета используются допущения, завышающие значения токов КЗ относительно реальных. Уточнение методов расчета позволяет снизить расчетные уровни токов КЗ на 10-20% и отложить замену и таким же образом продлить службу электрооборудования.

По результатам работы сделан вывод о необходимости и возможности совершенствования методов расчета коротких замыканий, отказе от допущения о синфазности генераторов, об учете изменения токов подпитки КЗ, обусловленных особенностями систем возбуждения генераторов и влиянием увеличения углов передачи мощности генерирующих ветвей.

М. Лхамсурэн, студ.; рук. Ю.П. Гусев, к.т.н., проф.(НИУ «МЭИ»)

РАСЧЕТ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ГРОЗОЗАЩИТНЫХ ТРОСОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ СО ВСТРОЕННЫМИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМИ ЛИНИЯМИ СВЯЗИ

В последние годы получило широкое распространение использование грозозащитных тросов ВЛ с встроенными волоконно-оптическими линиями связи (ВОЛС). Грозозащитный трос (ГТ) является одним из элементов воздушной линии (ВЛ) электропередачи и предназначен для защиты от прямых ударов молнии в фазные провода.

При несимметричных коротких замыканиях на ВЛ часть тока протекает по тросу, вызывая его нагрев, что может привести к нарушению термической стойкости. Количественно термическое воздействие тока характеризуется интегралом Джоуля, зависящим от величины тока и длительности его протекания. Для определения воздействия токов на ВОЛС требуется проводить проверку термической стойкости. Для проведения расчетов традиционно использовались методические указания [1]. Ситуация изменилась, когда в 2014 году была принята новая редакция методических указаний [2]. Проведение расчетов по новым указаниям является более трудоемкой задачей, требует использования значительного числа исходных данных.

В данной работе были проведены анализ и сравнение результатов расчетов термического воздействия на ВОЛС, полученных с применением методик, с полученными в программном комплексе EMTP-RV. Полученные результаты используются при разработке рекомендаций по выбору мест заземления троса. Полученные результаты исследования могут использоваться при проектировании новых электроустановок, а также при модернизации существующих.

Литература

- 1. Методические** указания по расчету термической устойчивости грозозащитных тросов воздушных линий электропередачи. № 5290 тм-т1, М.: ВГПИ и НИИ «Энергосетьпроект», 1976.
- 2. СТО 56947007-33.180.10.173-2014.** Методические указания по расчету термического воздействия токов короткого замыкания и термической устойчивости грозозащитных тросов и оптических кабелей, встроенных в грозозащитный трос, подвешиваемых на воздушных линиях электропередачи. Стандарт организации.

*Н.Н. Пащенко, И.Ю. Афиногенов, студ.; рук. А.А. Антонов,
к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)»*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СТУДЕНТАМИ ПО *ETAP* В РАМКАХ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В наше время инженерное образование включает в себя неотъемлемую часть в виде современных компьютерных технологий, которые упрощают инженерные расчеты и сводят к минимуму проведение необходимых рутинных операций и вычислений. Программное обеспечение (ПО) *ETAP* [1] получило заметное распространение среди проектировочных организаций нашей страны, появились завершённые проекты по новому строительству и реконструкции электроустановок (ЭУ), выполненные с помощью данного ПО. Освоение студентами современного ПО расширяет область их профессиональных компетенций. В рамках обновления преподаваемых дисциплин на кафедре «Электрические станции» НИУ «МЭИ» внедряется ПО *ETAP*, требуется разработка методических материалов по выбору принципиальных схем, схем распределительных устройств, проверке электрического оборудования и надежности схем ЭУ в различных режимах.

В рамках исследования выполнена разработка методических материалов по использованию ПО *ETAP* для расчета и выбора структурной схемы и схем распределительных устройств электростанции на примере теплоэлектроцентрали с газотурбинными установками мощностью 3x48,5 МВт. Методические материалы содержат указания по разработке моделей принципиальных схем электростанции, включая блочные схемы и схемы с генераторным распределительным устройством, указания по параметризации элементов расчетной модели. Также разработаны методические материалы для проверки и выбора электрооборудования ЭУ, в том числе: кабельных линий, токоограничивающих реакторов (ТОР), выключателей, разъединителей, трансформаторов тока. Для сокращения времени при разработке расчетных моделей электростанций и подстанций, выполняемых в рамках курсового проектирования студентами, в ПО *ETAP* сформирована штатная библиотека параметров электрооборудования (трансформаторов, кабельных линий, ТОР и других необходимых элементов).

Результаты работы оформлены в виде подробных методических материалов для курсового проектирования электрической части электростанций и подстанций с применением ПО *ETAP*, представлены в форме рукописи учебно-методического пособия, готовой к сдаче в издательство.

Литература

1. *ETAP User Guide. Operation Technology, Inc* 2017.

*А.В. Мурзинцев, И.И. Тамашук, студенты;
рук. А.В. Трофимов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЯЧЕЙКИ КРУЭ 220 кВ В КАЧЕСТВЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

В 2017 году лабораторная база МЭИ получила мощное развитие в виде действующей ячейки КРУЭ 220 кВ [1]. в. В данном докладе мы рассмотрим аспекты разработки методических материалов для обучения студентов как принципам организации автоматизированного управления электротехническим оборудованием, на примере КРУЭ 220 кВ, так и диагностики и эксплуатации данного вида оборудования.

Условно оборудование АСУ ТП можно разделить на три уровня [2].

К верхнему уровню относятся средства хранения и представления информации. К среднему уровню относятся устройства, которые непосредственно связаны с объектом управления, обеспечивают сбор информации и выдачу команд управления. К нижнему уровню относятся датчики и исполнительные устройства, которые формируют сигналы о состоянии объекта управления и обеспечивают реализацию управляющих воздействий.

В КРУЭ 220 кВ реализованы вторичные цепи и аппаратура, с помощью которых осуществляется управление оборудованием данного комплекса (нижний уровень). Появляется возможность сопоставления принципиальных электрических схем вторичных цепей с их аппаратной реализацией в шкафу управления КРУЭ. Также предложено решение по организации автоматизированного управления выключателем с помощью микропроцессорного устройства, показано подключение дискретных входов/выходов (для индикации состояния выключателя и операций «включения/отключения») и аналоговых сигналов (средний уровень). Следовательно, к имеющимся вторичным схемам самого КРУЭ добавляются схемы подключения микропроцессорного терминала. Таким образом, использование действующего оборудования КРУЭ позволяет в полной мере изучить реализацию нижнего, а также возможности реализации среднего и верхнего уровня АСУ ТП.

Литература

1. **Самылов П.** Опыт эксплуатации КРУЭ в ОАО «МОЭСК»/- Электроэнергия. Передача и распределение. 2012. № 2 (11). С. 100-101.

2. **Трофимов А.В. Поляков А.М.** Основы организации микропроцессорных автоматизированных систем управления технологическими процессами электроустановок: учебное пособие. – М: Издательство МЭИ, 2015. 128 с.

А. Н. Одинцов, студ.; рук. В. В. Жуков, д.т.н., профессор (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МОЩНОСТИ ИСТОЧНИКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ ОТ УРОВНЕЙ ТКЗ

В настоящее время последствия реформирования энергетики и износ электрооборудования сетей привели к тому, что всё большее количество промышленных предприятий стремится стать независимыми от централизованного электроснабжения и создают собственные источники электрической и тепловой энергии. Питание от собственного источника способствует бесперебойному питанию предприятия и, следовательно, снижению издержек при обрыве питания со стороны централизованной энергосистемы.

В связи с этим становится актуальной задача формирования алгоритмов по созданию источников распределённой генерации. Требуется осуществить выбор источника электроэнергии, в качестве которого могут служить газотурбинные (ГТУ), газопоршневые (ГПУ) и парогазовые (ПГУ) установки [1]. Наиболее остро стоит проблема координации уровней токов короткого замыкания (ТКЗ) в спроектированной системе электроснабжения.

Показано, что результирующий уровень ТКЗ определяет мощность источника генерации. При создании новых источников генерации, уровень ТКЗ будет увеличиваться. В связи с этим, необходим анализ имеющегося оборудования и его возможная замена при несоответствии новым уровням ТКЗ [2].

Рост уровней ТКЗ зависит от состава нагрузки. Следовательно, стоит задача в определении зависимости уровней ТКЗ от отрасли и состава потребителя. Для ряда промышленных потребителей разработаны кривые, показывающие зависимость между мощностью источников распределённой генерации и уровнем ТКЗ.

Полученные результаты используются при разработке алгоритма по созданию источников распределённой генерации для промышленных предприятий.

Литература

1. **Жуков В. В.** Электрическая часть электростанций с газотурбинными и парогазовыми установками: учебное пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2015
2. **Жуков В. В.** Короткие замыкания в узлах комплексной нагрузки электрических систем /Под ред. А.Ф. Дьякова. — М.: Издательство МЭИ, 1994. — 224 с., ил.

М. А. Першин, студ.; рук. В. В. Жуков, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПИТАНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД В АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Надежность работы станции во многом зависит от работы электродвигателей собственных нужд (с. н.). Во время аварийных ситуаций, вызванных короткими замыканиями (КЗ), важно не отключать двигатели при кратковременных снижениях или полном исчезновении напряжения на шинах с. н. ответственных механизмов от сети [1].

Одним из наиболее эффективных способов сохранения собственных нужд электростанции с парогазовым энергоблоком при системной аварии является автоматическое выделение собственных нужд (АВСН), которое предназначено для сохранения в рабочем режиме всех потребителей электроэнергии с. н. ТЭС. [2].

В работе объектом исследования является электростанция с энергоблоками ПГУ-450. Целью данного исследования является изучение способов обеспечения живучести электростанции, описание натурных испытаний блоков ПГУ-450 со сбросом нагрузки до мощности собственных нужд и холостого хода и анализ их результатов.

В результате проведенных опытов на газотурбинных установках ГТЭ-160 энергоблока ПГУ-450 со сбросом нагрузки до уровня с. н. были определены оптимальные значения уставок открытия регулирующих клапанов газа, которые обеспечивают стабильность работы факелов в камерах сгорания.

Результаты исследования приведут к исключению аварийных отключений ГТУ по причине срабатывания защиты при погасании факела в камерах сгорания и срабатывания защиты при длительной работе турбоагрегата на повышенных оборотах.

Литература

1. **Жуков В. В.** Электрическая часть электростанций с газотурбинными и парогазовыми установками: учебное пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2015 — 519 с.
2. **Буртаков В. С.** Автоматическое выделение собственных нужд ТЭС при аварийных изменениях частоты или напряжения в сети / В. С. Буртаков, Л. Н. Касьянов, Б. Н. Глускер, В. А. Кузьмичев // Электрические станции. — 2012. — № 9. — С. 23–33.

*Н.Е. Бондаренко, К.В. Латышов, студенты; рук. Е.Г. Зенина, к.т.н.,
доц. (Филиал МЭИ в г. Волжском)*

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

Важнейшей характеристикой энергосистемы является надежность. Для ее повышения необходим мониторинг и диагностика энергоузлов. Поэтому в последние годы данному вопросу уделяется большое внимание в стране и за рубежом. Используемые в настоящее время методы диагностики не отражают все виды дефектов с надлежащей точностью, а также не способны производить информационное обеспечение в короткий промежуток времени. Своевременное обнаружение возникшей неисправности на ранней стадии ее развития возможно за счет применения новых нетрадиционных методов контроля.

В данном исследовании были проанализированы современные методы диагностики роторных систем синхронного генератора. К ним относятся: диагностика витковых замыканий в обмотке ротора синхронного генератора, посредством обученной искусственной нейронной сети [1]; вибрационная диагностика роторных систем при помощи кепстрального анализа вибрационного процесса [2]; диагностика синхронного генератора, основанная на декомпозиции ЭДС на выходе датчика магнитного поля по функциям Лагерра [3]. Рассмотренные методы дополняют диагностику генераторов во время работы, позволяют выявить и свести к минимуму опасные режимы работы генераторов.

Анализ причин сложной дефектации роторов синхронных генераторов позволил выявить параметры, которые в настоящее время могут косвенным образом давать информацию о повреждениях. Сформулированы диагностические признаки, позволяющие реализовать непрерывный контроль текущего состояния сложных роторных систем электроэнергетики и, следовательно, увеличить надежность энергосистемы в целом.

Литература

1. Способ диагностики витковых замыканий в обмотке ротора синхронного генератора [Текст]: пат. 2629708 Рос. Федерация: МПК G01R 31/06.
2. Способ вибрационной диагностики вибрационных систем [Текст]: пат. 2356021 Рос. Федерация: МПК G01M 7/02.
3. **Полищук В.И., Крицкий М.В., Серкова Ю.М., Герасимов Н.В.** Разработка и экспериментальная апробация метода функциональной диагностики обмотки ротора синхронного генератора // *Фундаментальные исследования.* – 2015. - № 11-6. – С. 1104-1108.

А.Н. Мадалинский, студ.; рук. М.С. Волков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ ПРИ НОРМАТИВНЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ В ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

В настоящее время запланирован ввод в эксплуатацию значительного объема ветроэлектрических станций (ВЭС) для работы в составе ЕЭС России. Проблемой остается несовершенство российской нормативной базы, зачастую не учитывающей особенности работы ВЭУ и ВЭС в составе энергосистемы. Одним из первых, нормативным документом, регламентирующим функционирование ВЭС, стали Правила функционирования электроэнергетических систем [1]. Данная работа направлена на разработку технических требований к устойчивости ВЭС и рекомендаций по совершенствованию нормативной базы.

В рамках работы была разработана математическая модель ВЭС в программном комплексе *ETAP* для проведения экспериментально-аналитического исследования режимов работы при внешних коротких замыканиях в электрической сети. В работе определены параметры прилегающей электрической сети, при которых ветроэлектрические установки (ВЭУ) отключаются при нормативных возмущениях в электрической сети действием технологических защит ВЭУ. Даны рекомендации по настройке релейных защит в прилегающей сети и уставок *LVRT* характеристики [2] ВЭУ.

Результаты проведенного исследования могут быть использованы для регламентации технических требований к ВЭУ и ВЭС, работающим в составе энергосистем.

Литература

1. **Правила** технологического функционирования электроэнергетических систем, утвержденные Постановлением Правительства РФ от 13.08.2018 N 937 «Об утверждении Правил технологического функционирования электроэнергетических систем и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».
2. **Marwa Ezzat**, Mohamed Benbouzid, Sm Muyeen, Lennart Harnefors. Low-Voltage Ride-Through Techniques for DFIG-Based Wind Turbines: State-of-the-Art Review and Future Trends. IEEE IECON 2013, Nov 2013, Vienne, Austria. pp.7681-7686, 2013.

П.А. Щечков, студ.; рук. М.С. Волков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ОПТИМИЗАЦИЯ СХЕМЫ ВЫДАЧИ МОЩНОСТИ
ВЕТРОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ.**

В настоящее время ветроэлектрические станции (ВЭС) имеют тенденцию большого развития и распространения по всему миру, и Россия не стала исключением. Ветроэлектрические установки (ВЭУ) с каждым годом совершенствуются, увеличивается единичная мощность. Проблемой остается несовершенство российской нормативной базы, зачастую не учитывающей особенности функционирования ВУЭ и ВЭС в составе энергосистемы. Частично, требования к ВЭС в составе энергосистем в настоящее время сформулированы в Правилах технологического функционирования электроэнергетических систем [1]. Данная работа направлена на разработку предложений по оптимизации схемы выдачи мощности (СВМ) ВЭС и рекомендаций по совершенствованию нормативной базы.

В ходе работы была разработана математическая модель ВЭС для оценки надежности СВМ с учетом стохастического характера выдачи мощности ВЭС. Рассмотрены различные исполнения коллекторной сети ВЭС, в том числе исполнение на разных классах напряжения (10 кВ и 35 кВ), для каждого варианта определены основные параметры электросетевого оборудования и ЛЭП, произведено технико-экономическое сравнение вариантов.

В ходе работы планируется выполнить анализ надежности СВМ ВЭС для различного количества и параметров трансформаторов подстанции, через которую осуществляется выдача мощности. При этом будет учитываться вероятностная характеристика выдачи мощности ВЭС (с учетом прогнозного значения скорости ветра) и перегрузочная способность трансформаторного оборудования. Ожидаемыми результатами анализа являются предложения по оптимизации количества и единичной мощности трансформаторов подстанции, через которую осуществляется выдача мощности ВЭС.

Литература:

1. Правила технологического функционирования электроэнергетических систем, утвержденные Постановлением Правительства РФ от 13.08.2018 N 937 «Об утверждении Правил технологического функционирования электроэнергетических систем и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».

*А.А. Симонов, Р.В. Янковский, студенты;
рук. А.В. Трофимов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СРЕДСТВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ АСУ ЭТО

В настоящее время существует проблема замены морально устаревшего вторичного оборудования на станциях и подстанциях, выполненных на базе традиционных средств, на новое микропроцессорное оборудование, так называемые интеллектуальные электронные устройства (ИЭУ) [1]. На рынке представлено большое количество производителей ИЭУ, как отечественных (Экра, Релематика, НПП Бреслер и др.), так и зарубежных (ABB, Siemens и др.).

Для программирования ИЭУ разных производителей обычно используется базовое программное обеспечение того же производителя. С точки зрения обучения специалистов, важно понимать общие принципы организации и функционирования прикладного программного обеспечения ИЭУ, поэтому необходимо изучать подходы ведущих производителей программно-технических комплексов (ПТК) к разработке программного обеспечения: конфигурированию оборудования, формированию логических алгоритмов, организации цифрового обмена [2].

Целью данной работы является разработка методических материалов для изучения структуры и функционирования прикладного программного обеспечения на примере шкафа управления присоединением линии 110 кВ, входящим в состав учебно-исследовательского полигона АСУ ЭТО кафедры Электрических станций НИУ МЭИ. В шкафу управления установлено ИЭУ компании ABB, логика работы написана на их же ПО РСМ600 [3][4]. В качестве альтернативы рассмотрим реализацию аналогичных функций в рамках ПО DIGSI и IEC61850.LINKER от компании Siemens и НПП Бреслер соответственно [5][6].

Литература

1. **Трофимов А.В., Поляков А.М.** Основы организации микропроцессорных автоматизированных систем управления технологическими процессами электроустановок: учебное пособие. – М.: Издательство МЭИ, 2014.

2. **ГОСТ Р МЭК 61850-6-2009.** Сети и системы связи на подстанциях. Часть 6 Язык описания конфигурации для связи между интеллектуальными электронными устройствами на электрических подстанциях. – М.: Стандартинфо, 2011, -147 с.

3. Программная документация РСМ600

4. Прикладное программное обеспечение учебного полигона АСУ ЭТО кафедры «Электрические станции».

5. Программная документация DIGSI.

6. Программная документация IEC61850.LINKER.

*А.В. Овечкин, асп, А.Д. Водениктов.; рук. В. В. Жуков, проф., д.т.н.
(НИУ «МЭИ», КГЭУ, Казань)*

ЭНЕРГОКОМПЛЕКСЫ НА БАЗЕ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК И АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

В настоящее время всё больше реализуется проектов, в которых электроснабжения потребителей осуществляется децентрализованно. Как правило, данные проекты представляют собой распределённую генерацию и реализуются по большей части нетрадиционными источниками энергии, являющимися сезонными. Атомные электростанции (АЭС) малой мощности лишены данного недостатка, а их применение совместно с парогазовыми технологиями в качестве электроснабжения электрически удалённых и изолированных районов позволяет удовлетворить потребности энергодефицитных территорий.

Цель работы – создание энергокомплексов на базе АЭС малой мощности и газотурбинных установок (ГТУ), в которых парогазовые технологии на базе ГТУ позволят увеличить надёжность и живучесть вышеобозначенных энергокомплексов, в том числе и при авариях в энергосистеме.

Для реализации данной цели в качестве реактора малой мощности был выбран свинцово-висмутовый реактор на быстрых нейтронах или «быстрый» реактор (СВБР). Также был произведён анализ электрических схем тепловых электростанций (ТЭС) и АЭС, в том числе и имеющихся разработок в данном направлении [1,2], была сформирована схема электроснабжения собственных нужд (с.н.) энергоблоков, предложены варианты схем выдачи мощности энергокомплексом и способов запуска АЭС+ГТУ энергокомплексов во время аварийных режимов, а также произведён расчёт токов короткого замыкания (КЗ) для выбора электрооборудования энергоблоков.

Результаты показали, что применение парогазовых технологий в энергокомплексе АЭС+ГТУ позволяет повысить суммарный КПД brutto реакторной установки на 9% за счёт перегрева пара за парогенератором уходящих горячих из ГТУ газов. На основе проделанной работы сформированы ключевые факторы создания перспективных энергокомплексов при применении АЭС с реакторами малой мощности совместно с парогазовыми технологиями.

Литература

1. **Касилов В. Ф.** Эффективность использования парогазовой технологии в энергоблоке АЭС с ядерным реактором СВБР-100// Теплоэнергетика, 2015.
2. **Darwish M.A., Fatimah M. Al Awadhi, Anwar O. Bin Amer** Combining the nuclear power plant steam cycle with gas turbines

Секция 55
ЭЛЕКТРОФИЗИКА И СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
ОБЪЕКТОВ

Руководитель секции: Арцишевский Ян Леонардович

Секретарь секции: Орлов Александр Васильевич

*Л.А.Кошкарева, асп.; рук. А.Г. Долгополов, д.т.н., проф. каф.Р3иА ЭС
(НИУ «МЭИ»)*

Поведение релейной защиты УШР в различных режимах работы сети

Управляемые подмагничиванием шунтирующие реакторы (далее – УШР) предназначены для регулирования реактивной мощности и напряжения. Они могут подключаться к шинам подстанций либо к воздушным или кабельным линиям высокого напряжения [1]. Число вводимых в эксплуатацию УШР в электрических сетях всех классов напряжения от 35 до 500 кВ непрерывно растет и приближается к 150, из которых подавляющее большинство составляют УШР с подмагничиванием серии РТУ (в том числе более 20 реакторов мощностью 180 МВАр напряжением 330 и 500 кВ) [3].

Релейная защита управляемых реакторов имеет ряд особенностей, связанных с их принципом действия, однако выполняется с использованием серийных или специализированных микропроцессорных терминалов, применяемых для трансформаторного оборудования [2].

В процессе эксплуатации УШР были выявлены неправильные действия релейной защиты, связанные с некорректным выбором параметров срабатывания вследствие отсутствия ясного понимания физических процессов, происходящих в обмотках реактора в различных коммутационных режимах.

Для решения указанных проблем выполнена разработка модели реального УШР в программном комплексе MATLAB с целью изучения поведения релейной защиты реактора в режимах однофазного автоматического повторного включения ВЛ, коммутаций самого УШР, несимметрий сети и других, а также разработки рекомендаций в части выбора параметров срабатывания устройств релейной защиты.

Литература

1. **А.Г. Долгополов** Релейная защита управляемых шунтирующих реакторов. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2011
2. **А.Г. Долгополов, А.И. Расщепляев, Л.А. Кошкарева** Особенности выбора параметров настройки устройств релейной защиты УШР //Релейщик. - 2017. - №2. С. 50-53.
3. **А.Г. Долгополов, Л.А. Кошкарева** Режимы работы, автоматика и релейная защита управляемых шунтирующих реакторов с подмагничиванием // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. - 2017. – №10. С. 55-66.

М. Римо, аспирант; рук. С.И. Хренов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СПЕКТР
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЧАСТИЧНЫХ
РАЗЯДОВ**

Настоящая работа относится к электромагнитному методу контроля частичных разрядов.

Электромагнитный метод основан на регистрации спектров электромагнитного излучения частичных разрядов. Достоинством электромагнитного метода является возможность проведения измерений под рабочим напряжением без вывода электрооборудования из эксплуатации. Значительный уровень высокочастотных помех от коронных разрядов, ВЧ-связи, тиристорных преобразователей и многих других источников затрудняет применение электромагнитного метода в условиях эксплуатации. Совершенно иная ситуация при проведении измерений в лабораторных условиях.

Для регистрации спектров электромагнитного излучения использовался прибор Agilent N9340B. Регистрация спектров электромагнитного излучения частичных разрядов производилась в диапазоне частот до 1 ГГц.

Наряду с регистрацией спектров электромагнитного излучения регистрировались импульсы частичных разрядов [1], производился расчет спектров измеренных импульсов частичных разрядов [2].

На основе данных измерений и результатов расчетов проведен анализ факторов, которые оказывают влияние на спектр электромагнитного излучения частичных разрядов.

Литература

1. **Электрофизические** основы техники высоких напряжений: учеб. для вузов / И.М. Бортник и др.; под общ. ред. И.П. Верещагина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательский дом МЭИ, 2010. - 704 с.
2. **Раушер К., Йанссен Ф., Минихольд Р.** Основы спектрального анализа. М.: Горячая линия-Телеком, 2006. - 224с.

А.И. Гарус, студ.; рук. А.А. Белогловский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ЭКВИВАЛЕНТНЫХ
ЗАРЯДОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫХ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ**

Одним из направлений работы инженеров в области техники и электрофизики высоких напряжений являются расчёт, анализ и регулирование электрических полей устройств высокого напряжения (УВН) [1].

Метод эквивалентных зарядов (МЭЗ) основан на замещении реального непрерывного распределения заряда по поверхностям электродов системой помещенных внутри них фиктивных эквивалентных зарядов (ЭЗ) [1]. Их значения находятся из граничных условий. При расчёте плоскопараллельных полей в классическом МЭЗ роль ЭЗ играют бесконечные равномерно заряженные оси [1]. Однако из-за накопления вычислительных погрешностей при реализации его алгоритма на ЭВМ, затруднено применение метода при расчете полей сложной конфигурации, когда требуются тысячи ЭЗ [2]. Автор предлагает использовать в роли ЭЗ бесконечные полосы, равномерно заряженные по длине, которые имеют кусочно-постоянное или кусочно-линейное распределение поверхностной плотности заряда по ширине.

В качестве примера рассмотрен расчёт поля плоской токоведущей шины над проводящей плоскостью. Погрешности вычислений зависят от отношения $p = \Delta H / \Delta L$ глубины ΔH залегания ЭЗ под поверхностью электрода к расстоянию ΔL между соседними зарядами. Показано, что при $p = 0,5 \div 1,0$, когда используется классический МЭЗ, распределение напряжённости поля E вдоль поверхности шины имеет колебательный характер, поскольку поле усиливается при приближении к зарядам и ослабляется при удалении от них. При $p = 2 \div 3$ колебания прекращаются, однако дальнейший рост величины p приводит к ухудшению обусловленности задачи расчёта значений ЭЗ [2], что ведёт к росту погрешностей. Использование ЭЗ в виде полос позволяет избежать колебаний значений E уже при $p \approx 0,5$. Поэтому в последнем случае точность, близкая к классическому МЭЗ, достигается при меньшем в ≈ 4 раза числе ЭЗ. Это создает потенциал для построения на основе усовершенствованного МЭЗ экономичной и точной методики расчета полей УВН.

Литература

1. Белогловский А.А., Пашинин И.В. Методы расчета электрических полей в примерах и задачах: учебное пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2007.
2. Верещагин И.П., Гусаров А.А., Бобиков В.Е. Применение регуляризации в методе эквивалентных зарядов // Известия академии наук СССР. Энергетика и транспорт. 1981. №2.

*С.А.Гиясова, студент; рук. А.Г.Темников, к.т.н., доц.
(МЭИ, Москва)*

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОТКАЗА ОТ ГРОЗОЗАЩИТНЫХ ТРОСОВ НА ВЛ 220 КВ

Анализируется ЛЭП 220 кВ, расположенная в Алтайском крае. Рассматривался вопрос целесообразности применения грозозащитного троса либо замены его на ОПН. Согласно пункту 2.5.116 [1] воздушные линии 110-500 кВ с металлическими и железобетонными опорами должны быть защищены от прямых ударов молнии тросами по всей длине. Применение тросовой защиты с точки зрения технико-экономического анализа имеет позитивные и негативные моменты и не всегда целесообразно. Прежде всего наличие тросов увеличивает капитальные затраты на строительство ВЛ. Стоимость тросов, тросостоек, их креплений к опорам составляет почти четверть стоимости самих опор. Актуальным на сегодняшний день анализ возможности отказа от грозозащитных тросов на воздушных линиях.

Анализируемая ЛЭП 220 кВ длиной 75 км защищена грозозащитным тросом ТК-35: стоимость 1 км грозотроса равна 22036 рублей, 75 км грозотроса – 1,65 млн. руб. Ожидаемое число грозовых отключений ВЛ 220 кВ при 100 гр.час/год при значении импульсного сопротивления заземлителя опор 50 Ом: с тросом - 5,925 откл/год, без троса - 22,76 откл/год. На рассматриваемой ЛЭП 220 кВ провода расположены горизонтально, при наличии тросов разряды молнии вероятны в крайние фазы, а при отсутствии троса – в любые фазы. При разрядах молнии в опору для линии без троса не представляется возможным указать фазу, изоляция которой перекрывается чаще других. При наличии тросов при разрядах молнии в трос наиболее часто будут перекрываться крайние фазы. При отсутствии тросов ОПН придется ставить на каждой опоре. На 75 км в ЛЭП 220 кВ есть 375 опор, при установке на все 3 фазы по 1 ОПН, количество ОПН равно 1125 штук. Цена за один ОПН-П-220/146/10/550 IV УХЛ1 равна 42200 рублей, а общая сумма для защиты анализируемой ЛЭП равна 54,2 млн. руб.

Исходя из проделанного анализа с технико-экономической точки зрения на рассматриваемом объекте ВЛ 220 кВ будет наиболее выгодным вариантом использование грозозащитного троса.

Литература

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Шестое издание. – М.: Энергоатомиздат, 1986, 648с.

*С.С.Усачев студ., А.Р.Энтенеев студ.; рук. С.Н. Рыбин ст. преп.;
(МЭИ, Москва)*

РАЗРАБОТКА БЕЗТРАНСФОРМАТОРНОГО УСТРОЙСТВА ВВОДА АНАЛОГОВЫХ И ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ.

Одной из важных частей микропроцессорных терминалов РЗиА являются устройства ввода аналоговых и дискретных сигналов. Существующие примеры исполнения аналоговых и дискретных входов МПТ не претерпели достаточных изменений в подходах их реализации за последнее время.

Аналоговые входы АВ построены на преобразовании сигналов токов и напряжений с помощью измерительных трансформаторов, которые обладают рядом недостатков, а именно плохой передачей апериодической составляющей сигнала и большими массогабаритными показателями.

Традиционные ДВ учитывают возможное появление различного рода помех в СОПТ, путем отстройки по времени с вводом задержки от 5 мс и более [1], но этот подход не универсален, так как учитывает не все возможные нарушения работы системы, а, следовательно, приводит к неправильной работе защиты.

Работа посвящена разработке и моделированию устройства аналоговых и дискретных входов с использованием современной базы: датчиков Холла и линейных преобразователей сигналов на оптронах. Преимуществом данного устройства является его компактность, за счет обработки и аналоговых и дискретных сигналов одним многоканальным АЦП. Кроме этого, благодаря оцифровке дискретных сигналов, появляется возможность дополнительного их анализа с целью обеспечения правильной работы МПТ РЗиА.

Результатом работы стало создание действующего образца, который был проверен в лабораторных условиях кафедры РЗиА.

Литература

1. **Балашов, В.В.** Современные требования к системам электропитания устройств релейной защиты и автоматики. / В.В. Балашов, Г.С Нудельман, Р.К Борисов, Ю.П. Гусев // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем: сб. тр. науч. конф. – Екатеринбург, 2013. – С. 5

*Р.О. Поляков, студент; рук. Я.Л. Арцишевский, к.т.н., доцент,
(НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ СЕТЕЙ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ

Аналитические прогнозы [1] предсказывают связь перспектив развития энергетики РФ с процессом переориентации генерирующих мощностей энергосистемы и, в том числе, с более широким использованием электростанций малой мощности, подключаемых на уровне распределительной сети в непосредственной близости от потребителей энергии (т.н. малых распределенных электростанций).

Внедрение малых распределенных электростанций сопровождается возникновением в распределительной сети ранее не характерных для нее электрических режимов; с увеличением количества таких станций и ростом доли генерируемой ими мощности их влияние на энергосистему приобретает системный масштаб, начиная в ряде случаев определять надёжность и устойчивость работы крупных энергорайонов.

Изменения, происходящие в энергосистеме в связи с развитием принципов децентрализованного генерирования энергии, требуют решения комплекса научно-технических задач и – в их числе – совершенствования системы релейной защиты [2].

Реализация микросетей представляет собой ряд проблем по их защите: сочетание режима изолированной работы сети и параллельно системе может создать проблемы чувствительности и селективности работы защит.

В ходе работы создан программный прототип адаптивной системы защиты, основанной на централизованной архитектуре. В нем учтено, что структура и параметры релейной защиты изменяются централизованно, в зависимости от условий работы микросети.

Литература

1. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 г. ФГБУН «Институт энергетических исследований Российской академии наук» и Аналитическим центром при Правительстве Российской Федерации, Москва, 2014.
2. **Онисова О.А.** Релейная защита и автоматика в системах с распределённой генерацией [Электронный ресурс] / А.А. Наволочный, Г.С. Нудельман, О.А. Онисова // Релейная защита и автоматика энергосистем – 2012. Сборник докладов XXI конференции. – М., 2012. – С. 138-145.
3. **Арцишевский Я.Л., Вострокнутов С.А.** Централизованные системы РЗА объектов малой генерации // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем. - Sigre 2015. — 11 с.

А.В. Шутов, студ.; рук. А.А. Белогловский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА НЕОДНОРОДНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

При решении ряда научных и инженерных задач необходим расчет неоднородных электрических полей. Известно множество численных методов их расчета. Сопоставление конкретной задачи и метода ее решения является конечной целью работы автора.

Здесь был выполнен расчет потенциала и напряженности поля объемного заряда, распределенного в квадратной области по нормальному закону (рис. 1) аналитически (рис. 2), согласно [1], и численно методами эквивалентных зарядов (МЭЗ) и конечных разностей (Зейделя и верхней релаксации) [2].

Результаты сопоставлены по времени счета t и числу итераций N в табл. 1, по погрешности потенциала $\delta\phi$ и напряженности δE в табл. 2. Наиболее эффективным оказался метод верхней релаксации, имеющий малые погрешности и минимальное время счета.

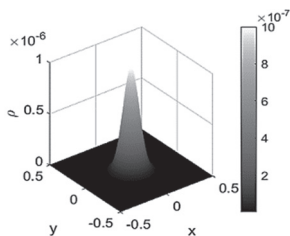


Рис. 1. Распределение плотности объемного заряда

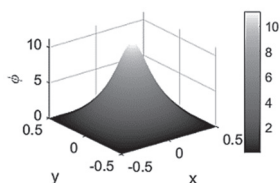


Рис. 2. Потенциал поля

Таблица 1

Сравнение методов по времени счета t и числу итераций N

Размер сетки	МЭЗ	Метод Зейделя		Верхней релаксации		Аналитически
	t, c	t, c	N	t, c	N	t, c
100x100	5,69	0,697	7598	0,0426	278	17,5
200x200	87,6	9,55	24686	0,281	528	185
400x400	1509	235	76262	3,73	1007	8144

Таблица 2

Наибольшие погрешности методов относительно аналитического решения

Размер сетки	МЭЗ		Метод Зейделя		Верхней релаксации	
	$\delta\phi, \%$	$\delta E, \%$	$\delta\phi, \%$	$\delta E, \%$	$\delta\phi, \%$	$\delta E, \%$
100x100	0,266	0,415	0,104	0,0928	0,0231	0,083
200x200	0,0663	0,169	0,351	0,295	0,0059	0,023
400x400	0,0243	0,108	1,38	1,16	0,0043	0,074

Литература

1. **Polyanin, A. D.** Handbook of Linear Partial Differential Equations for Engineers and Scientists. Boca Raton-London-New York: Chapman and Hall/CRC Press, 2016.
2. **Самарский А.А.** Введение в численные методы. СПб.: Лань, 2009.

*Энхжаргал Э., асп.; Болор Э., асп.; рук. Я.Л. Арцишевский, к.т.н., доц.
(НИУ МЭИ)*

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ПРИ ОЗЗ

В последнее время проблема выбора режима работы нейтрали в сетях 6-35кВ России решается по разному. На сегодняшний день режимы работы нейтрали регламентируется п 1.2.16 ПУЭ, в котором говорится что «работа электрических сетей напряжением 2-35кВ может предусматриваться как с изолированной нейтралью, так и с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор или резистор»[1]. В разработках специализированных устройств РЗ и ОМП России и Монголии используется кратковременное включение одной из неповрежденных фаз через резистор на землю [2].

Используемым в Монголии является режим изолированной нейтрали. При этом способе заземления нейтральная точка источника не присоединена к заземляющему контуру. Основными достоинствами данного режима работы нейтрали является простота выполнения, малый ток в месте повреждения и возможность работы в режиме ОЗЗ. На сегодняшний день статус отдельных территории изменился. Поэтому следует изменить и технические решения по РЗ при ОЗЗ.

Одно из возможных решений предлагается в данной работе. Алгоритм Корреляционной РЗ при ОЗЗ предусматривает пуск по напряжению нулевой последовательности, контроль отсутствия режима двойного замыкания, выявление поврежденной фазы по значением фазных напряжении, кратковременное (0,1-0,3сек) включение одной из неповрежденных фаз через резистор на заземляющий контур питающей подстанции с фиксацией импульса тока через резистор и контролем токов во всех отходящих ЛЭП [3].

Селективность и чувствительность действия предлагаемой РЗ обеспечивается алгоритмом обнаружения импульса тока в одном из присоединений, имеющим и наибольшую корреляцию с зафиксированным импульсом тока через резистор.

Литературы

1. Правила устройства электроустановок –М.:Изд-во НЦ ЭНАС, 2003.
2. Чекарьков Д. М.- Повышение эффективности методов определения мест повреждения в сетях с изолированной нейтралью: дис. ...канд. техн. наук: 05.14.02 / Чекарьков Д. М. - Москва. 1989.
3. Арцишевский Я. Л., Лхамсурэн Э. Анализ методов и средств для определения мест повреждения при однофазных замыканиях на землю в распределительных сетях 10 кВ Монголии // Ежемесячный производственно-массовый журнал «Энергетика & engineering». – Монголия. - 2015. – № 1 (131). - С. 31 – 32.

*Энхжаргал Э., асп.; Ю.Д. Орлов, студ.; Рук. Я.Л. Арцишевский, к.т.н.,
доц. (НИУ МЭИ)*

КОМПЛЕКТ РЗ ПРИ ОЗЗ В СЕТИ ВЛ 35 КВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОМОДЕМНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

В сети ВЛ 6-35кВ режим однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) представляет опасность для людей и животных и может переходить в междуфазное короткое замыкание. В связи с этим актуален вопрос проведения исследований селективной релейной защиты при ОЗЗ без использования существующих трансформаторов тока (ТТ), установленных только в двух фазах линий.

Примером такой конструкции является радиомодемная РЗ определения присоединения с однофазным замыканием на землю «РМРЗ при ОЗЗ» в сетях ВЛ. Конструкция устройства «РМРЗ при ОЗЗ» выполнена по модульному принципу, позволяющему использовать устройства РЗ с различной аппаратной конфигурацией [1]. Устройство для защиты от ОЗЗ на секциях шин станций и подстанций напряжением 6-35кВ, содержащее подключенный к секции энергообъекта трансформатор напряжения нулевой последовательности, установленные на присоединениях энергообъекта группы фазных радиомодемных ТТ. Радиомодемная система сбора, передачи и ввода данных разнесена в пространстве между трансформаторами тока и релейным микропроцессорным терминалом, при этом последний формирует сигнал пуска модемов ТТ при превышении уставки по значению напряжения нулевой последовательности, поступающего от трансформатора напряжения, а также обеспечивает синхронизацию записи цифровых осциллограмм токов фаз, принимаемых от радиомодемных ТТ.

В программной среде Matlab, Simulink реализован алгоритм функционирования данной защиты, правильность работы которого подтверждена на тестовой модели распределительной сети 35кВ. Рассматриваемая структура защиты обеспечивает возможность быстрого ввода в эксплуатацию путем монтажа радиомодемных ТТ накладным способом без снятия напряжения. Такое свойство позволяет учитывать быстро изменяющиеся потребности территорий, например жилая застройка ранее пустующих участков, а также временное увеличение посещаемости отдельных территорий (фестиваль “Нашествие”, “Князьма”).

Литература

1. Шунин В.А., Гусенков А.В. Защита от замыканий на землю в электрических сетях 6-10 кВ. -М.: Библиотечка электромеханика, Выпуск 11(35), 1998г. С 104.

*Ю.Д. Орлов, Р.О. Поляков, студенты; рук. Я.Л. Арцишевский, к.т.н.,
доцент, (НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ПО ПРОВЕДЕНИЮ СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ УСТРОЙСТВ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ НА МОДЕЛИ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Система добровольной сертификации СО ЕЭС создана в 2005 году, как механизм подтверждения соответствия оборудования и устройств объектам электроэнергетики требованиям стандартов Системного оператора.

Для формирования навыков проведения сертификационных испытаний у студентов разработан лабораторный стенд, содержащий тестовую модель энергосистемы в среде Simulink, в соответствии со стандартом [2], алгоритм функционирования устройства противоаварийной автоматики, согласно требованиям [1]. Кроме этого, для управления и мониторинга модели в режиме реального времени создан графический пользовательский интерфейс, позволяющий изменять значения режима тестовой модели энергосистемы и формировать аварийные возмущения, в соответствии с перечнем опытов программы сертификационных испытаний устройства, представленных в [2]

В лабораторной работе студентам предлагается самостоятельное проведение сертификационных испытаний алгоритма устройства автоматического ограничения перегрузки оборудования (АОПО), анализ результатов и формирование итогового отчета о проведенных испытаниях. Для выполнения данной работы разработаны описание лабораторного стенда, методика проведения, порядок выполнения, контрольные вопросы, материалы для домашней подготовки, а также получены данные контрольного замера.

Литература

- 1) **СТО 56947007-33.040.20.204-2015** Типовые функции цифровых устройств противоаварийной автоматики ФСМ, ФТКЗ, АЧР, ЧАПВ, ЧДА, КПП, САОН, АОПО, АРПМ.
- 2) **СТО 59012820.29.020.002-2018** Стандарт. Релейная защита и автоматика. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Устройство автоматики ограничения перегрузки оборудования. Нормы и требования.
- 3) **Черных И. В.** Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. 1-е издание, 2007.

А.С. Площина, студ.; рук. А.А. Белогловский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЁТА
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

Воздушные линии электропередачи (ВЛ) высокого напряжения (ВН) являются наиболее протяжёнными источниками электромагнитных полей: в России их суммарная протяжённость составляет тысячи километров [1]. Регулирование создаваемых ими электрических полей (ЭП) выполняется для минимизации потерь мощности на корону на фазных проводах (ФП) ВЛ и уменьшении влияния полей на окружающую среду [1].

Для расчёта ЭП ВЛ ВН можно использовать методы эквивалентных зарядов (МЭЗ), интегральных уравнений (МИУ), конечных разностей (МКР) и конечных элементов (МКЭ) [2, 3]. В работе на основе данных, приведённых в литературе, и собственных расчётов автора оценена эффективность их применения для расчёта напряжённости ЭП в системах электродов, характерных для пролёта ВЛ. Они образованы проводниками круглого сечения, параллельными друг другу и земле. Значения напряжённости нужно вычислять или у поверхности земли (для оценки биологического действия ЭП) или на поверхности ФП (при минимизации потерь).

МКР и МКЭ требуют создания сплошной разностной сетки во всей расчётной области. Вычисление параметров поля в её узлах требует значительных затрат памяти компьютера и времени счёта. Поэтому их применение для решения этого класса задач не всегда рационально. Использование МЭЗ и МИУ предпочтительнее, поскольку они позволяют вычислять параметры поля лишь в отдельных расчётных точках на поверхности ФП или вблизи земли. В последнем случае МЭЗ экономичнее, поскольку позволяет заместить заряд каждого провода ВЛ единственным ЭЗ.

Выполнен анализ ЭП ВЛ 500 кВ в стандартной и компактной компоновке. Уменьшение межфазных расстояний позволяет снизить напряжённость у земли до 2 раз по сравнению с ВЛ стандартной конфигурации.

Литература

1. **Колечицкий Е.С., Романов В.А., Карташев В.Г.** Защита биосферы от влияния электромагнитных полей: учебное пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2008.
2. **Расчёт** электрических полей устройств высокого напряжения: учебное пособие для вузов / И.П. Белоедова, Ю.В. Елисеев, Е.С. Колечицкий и др.; под ред. Е.С. Колечицкого. М.: Издательский дом МЭИ, 2008.
3. **Белогловский А.А., Пашинин И.В.** Методы расчета электрических полей в примерах и задачах: учебное пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2007.

Д.В. Розмылова, студент; рук. Е.Н. Колобродов, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ УЧАСТКА СЕТИ – ПУТЬ К ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ АЛАР

Обеспечение надежного электроснабжения потребителей является одной из основополагающих задач и тесно связано с управлением электроэнергетической системой (ЭЭС) в предаварийных и аварийных режимах.

При нарушении устойчивости параллельной работы частей ЭЭС возникает асинхронный режим (АР). Для предотвращения и ликвидации АР применяют автоматику ликвидации асинхронного режима (АЛАР) [1].

Принципы действия устройства АЛАР основываются на выявлении отличительных признаков АР при изменении состояния ЭЭС. Существующие устройства АЛАР работают на основе анализа замеров параметров режима в местах их установки. Настройка устройств выполняется на основе предварительного анализа характерных режимов работы энергосистемы [2]. Однако при таком подходе высока вероятность несрабатывания или ложного срабатывания устройства из-за несоответствия выставленных уставок режиму сети в текущий момент. С другой стороны, устройства АЛАР, контролирующие параметры режима ЭЭС в двух точках, менее зависимы от точности задания уставок, но чувствительны к отказам каналов связи и нарушениям в системе единого точного времени на объектах. Объединение традиционного метода выявления АР, основанного на замерах в одной точке, и АЛАР, основанного на замерах в двух точках, позволяет нивелировать недостатки каждого метода в отдельности.

В связи с этим важной задачей является разработка адаптивных методов определения параметров контролируемого участка сети, которые будут основываться на значениях величин, доступных для наблюдения в местах установки устройств АЛАР. Автоматическое определение параметров позволяет перейти к автоматическому расчету большинства уставок для устройств АЛАР, что обеспечит повышение надежности их работы.

В работе рассмотрен вопрос разработки метода пересчета уставок АЛАР по известным замерам параметров режимов в двух точках ЭЭС, а также их применение при переходе устройства АЛАР с двустороннего замера параметров участка сети на односторонний.

Литература

1) **СТО 59012820.29.020.008-2015** Стандарт организации. Релейная защита и автоматика. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Автоматика ликвидации асинхронного режима. Нормы и требования.

2) **В.Г. Наровлянский.** Современные методы и средства предотвращения асинхронного режима электроэнергетической системы – М.: Энергоатомиздат. 2004.360 с.

*Е.А. Балугев, Б.О. Ковалев, студенты; рук. Г.А. Филатова, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, Иваново)*

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ ЗАЩИТЫ»

Неотъемлемой частью подготовки магистров профиля «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» является приобретение студентами практических навыков работы с современными микропроцессорными устройствами релейной защиты и автоматики (МПУРЗА), повсеместно внедряемыми в отечественной электроэнергетике в процессе строительства и реконструкции объектов. На объектах электроэнергетики в России нередко применяются МПУРЗА, произведенные зарубежными компаниями. Знание особенностей работы с МПУРЗА разных производителей повышает конкурентоспособность выпускников.

Изучения дисциплины «Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики» предполагает, в том числе, проведение лабораторных практикумов. Лаборатория кафедры «Автоматическое управление электроэнергетическими системами» оснащена МПУРЗА 7SA522, 7SD52 и 6MD66 серии Siprotec 4 производства фирмы Siemens в составе шкафов релейной защиты (основной и резервной) и автоматики линии электропередачи [1, 2], терминалами 7SJ62/64 и учебными стендами, имитирующими ячейки КРУ с МПУРЗА REF542plus, производство ABB.

В настоящий момент проводится 4 лабораторных практикума: конфигурирование терминала 7SJ62/64 и управление лабораторной моделью выключателя; изучение функций дистанционной защиты терминала 7SA52; изучение защитных функций REF542plus; обмен GOOSE-сообщениями терминалами Siprotec 4. Во время лабораторной работы студентам предлагается изучить правила техники безопасности и особенности работы с МПУРЗА и устройством проверки «Ретом-51» или «Ретом-61», защитные функции терминалов, а также программные средства (ПС) для работы с указанными устройствами – DIGSI 4 и FUPLA REFConfigurator. Кроме того, студентам необходимо рассмотреть участок электрической сети и рассчитать параметры срабатывания защит одного из элементов сети (по заданию).

Изучение ПС, основ работы с МПУРЗА, отладка схем проведения экспериментов и оформление методических материалов являются частью НИР авторов.

Литература

1. **Лебедев В.Д., Филатова Г.А., Кормушкин А.С.** Использование микропроцессорных терминалов серии SIPROTEC в учебном процессе магистров // Материалы международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии» (XIX Бенардосовские чтения). – Иваново, ИГЭУ. – 2017. – Т.3. – С. 288-291.
2. **Филатова Г.А., Тимофеев А.С., Добрягина О.А.** Разработка лабораторных работ по дисциплине «Автоматика ЭЭС» на базе стендов «Учебная техника» и микропроцессорных терминалов // Материалы XXIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тез. докл. В 3 т. – Т. 3. – М.: Издательский дом МЭИ. – 2017. – С. 438

А.А. Васькина, студ.; рук. А.А. Белогловский, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

РАСЧЁТ И АНАЛИЗ ПОГЛОЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ЛАВИНЫ КАТОДОНАПРАВЛЕННЫМ СТРИМЕРОМ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

Одним из направлений исследований в области техники и электрофизики высоких напряжений – изучение электрических разрядов в воздухе [1], в том числе посредством математического моделирования [2].

Для изучения электронных лавин и стримеров применяется дрейфово-диффузионная математическая модель [1], в которой они описываются нелинейной системой уравнений неразрывности потока заряженных частиц с самосогласованным электрическим полем и нелокальным источником фотоионизации [1, 2]. Её дополняют начальные условия (НУ): в начальный момент ионы равномерно распределены в пространстве, а в распределении электронов есть малая неоднородность, и их концентрация монотонно спадает с удалением от её центра. Такие НУ в модели катодонаправленного стримера формируют равномерный поток вторичных электронов на его головку, их плотность монотонно убывает по мере удаления от неё и оси, определяющей направление её распространения. Это обеспечивает движение стримера вдоль силовых линий электрического поля.

Отчасти это противоречит экспериментам, говорящим о том, что в воздухе при условиях, близких к атмосферным, катодонаправленный стример ветвится, а направление его продвижения подвержено случайным отклонениям вокруг силовых линий [1]. Одно из объяснений – неравномерность реального потока вторичных электронов на стримерную головку, обеспечивающая формирование отдельных взаимодействующих с ней электронных лавин. Это, в зависимости от заряда и положения головки и лавины, ведёт к ветвлению или изменению траектории стримера [2,3].

В работе рассчитано взаимодействие стримерной головки с лавиной, в котором она поглощается. Оказалось, что скорость распространения стримера растёт в $1,25 \div 2,5$ раза в направлении прихода лавины. Это подтверждает предложенное объяснение особенностей движения стримеров.

Литература

1. **Электрофизические** основы техники высоких напряжений: учебник для вузов – 2-е издание, переработанное и дополненное / И.М. Бортник и др.; под ред. И.П. Верещагина. М: Издательский дом МЭИ, 2010.
2. **Белогловский А.А. Верещагин И.П.** Трёхмерное математическое моделирование стримерного разряда в воздухе с учётом ветвления: экономичный расчёт электрического поля // Электричество. 2011. № 11.
3. **Лякишева Е.К., Белогловский А.А.** Расчёт взаимодействия катодонаправленного стримера с электронной лавиной в воздухе // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Двадцать первая Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. В 4 т. Т. 4. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015.

А.П. Болтунов, С.П. Васильев, В.И. Карпенко студ.; рук-ли А.А. Волошин к.т.н. зав. каф. РЗиАЭ; Волошин Е.А. асс. (НИУ «МЭИ»)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ПОТРЕБИТЕЛЯ. УМНЫЙ СЧЕТЧИК ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕМ.

Цифровизация – новый тренд трансформации экономики и мощный драйвер для развития технологий и реализации их потенциала. Одной из таких технологий является Интернет вещей (IoT), где физические или технологические процессы могут приобрести интеллект, благодаря «общению» первичного оборудования между собой с помощью цифровых сервисов. Большой интерес представляют проекты, которые не требуют больших и долгосрочных инвестиций. Представлена Автоматическая информационно-измерительная система контроля и управления электропотреблением (АИИС КУЭ). Данная интеллектуальная система практически устранил воровство электроэнергии и улучшит показатели окупаемости инвестиций. Интеллектуальное устройство позволит разгрузить систему электроснабжения опционально отключив наименее ответственных потребителей на напряжении 0,4 кВ.

Отработаны существующие решения в области IoT, разработаны новые подходы и расширены области решаемых задач. Область применения охватывает микрогриды, умные дома и города, также традиционные электросетевые хозяйства. Контролируемые объекты оснащаются «умным» счетчиком с модулем LoRaWAN. Такое устройство, ретранслирует собранные данные в управляющий центр – устройство сбора и передачи данных. Блокчейн, используется в качестве алгоритма для обработки и хранения фиксируемых данных со счетчиков, что в свою очередь обеспечивает управляющей компании своевременный сбор показаний и избежание «подкруток» со стороны потребителей. Благодаря технологии IoT, каждый счетчик регистрируется и отображается в системе, в случае выхода его из строя, управляющая компания узнает об этом мгновенно. Управляющие воздействия (отключение нагрузки) осуществляются тем же счетчиком. Уже разработаны решения по представленной системе, предстоит конструкционная разработка устройств и софта для их работы.

С.С. Мырзабаев., студ.; рук. М. Г. Тягунов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)
**ОЦЕНКА РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА МОДЕРНИЗАЦИИ
УЧ-КУРГАНСКОЙ ГЭС**

За последние 25 лет на гидроэлектростанциях ошутим острый недостаток инвестиций в ремонт, реконструкцию и замену (капитальную и текущую) изношенного оборудования. По этим причинам, эти станции полностью сработаны или же «потребляются», а не управляются добросовестно в целях сохранения ценности и производительности в долгосрочной перспективе. Уч-Курганская ГЭС, была введено в эксплуатацию 1962 году, является не большой значимой электростанцией, вырабатывающей 10% электроэнергии в республике Кыргызстан. В состав гидроузла входят: здание ГЭС, донные и турбинные водосбросы, водосливная и земляная плотины, башни ирригационного канала БНК (Большой Наманганский Канал) и ЛНК (Левый Наманганский Канал). Станция является комплексным сооружением и предназначена для многолетнего регулирования стока реки Нарын и выработки электроэнергии. Агрегаты машинного зала станции обслуживаются одним мостовым краном, перемещаемым на монтажную площадку. Установлены четыре агрегата общей мощностью 180 МВт, водоприемниками и расположенными в плотине турбинными водоводами. Располагаемая мощность в настоящее время составляет 175 МВт. Водохранилище станции составляет 52,5 млн.м³, полезный объем—20,9 млн.м³. В здании станции установлены поворотно-лопастные турбины типа 3×ПЛ 577-ВБ-500 и 1×ПЛ 707-ВБ-500 мощностью по 46,5 и 50 МВт. скорость вращения – 115 об/мин. Турбина предназначена для работы при напорах 29 м. Расход воды составляет 180 и 182 м³/с. Регулирование скорости вращения турбины осуществляется вручную и автоматически с помощью электрогидравлического регулятора. Турбины приводят во вращение гидрогенераторы типа СВ 845/150-52 Мощность генераторов – 45 МВт, напряжение – 10,5 кВ. Выдача мощности станции осуществляется через 2 повышающих трансформатора типа ТДЦ-125000/110, расположенных на уровне машинного зала станции в соединенных с генераторами и ОРУ-110 кВ [1]

Литература

1. ОАО «Электрические станции» <http://www.energo-es.kg>

А.П. Болтунов, С.П. Васильев, В.И. Карпенко, студенты; рук-ли А.А. Волошин, к.т.н.; Е.А. Волошин, асс. (НИУ «МЭИ»)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАГРУЗКИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В МИКРОГРИД-СИСТЕМАХ

Популяризация практики установки частных маломощных возобновляемых источников энергии и накопителей стала предпосылкой к созданию гибких рынков электроэнергии [1]. При реализации модели эффективной торговли электроэнергией во главу угла встает потребность в грамотной оценке баланса между потребляемой и продаваемой электроэнергией.

Предлагаемая структура энергосистемы главным образом основывается на совместном применении персональных энергоблоков [2] и программно-аппаратного комплекса на базе технологий интернета вещей и машинного обучения, основной задачей которого является корректировка ожидаемого суточного графика нагрузок потребителей в зависимости от различных внешних факторов,

Полученные данные в дальнейшем используются для формирования логики агентов мультиагентной системы (МАС), осуществляющих покупку-продажу электроэнергии в интересах каждого потребителя. Все акты сделок между участниками системы подтверждаются смарт-контрактами [3]. Роль операторов сделок возлагается на всех участников рынка.

Данное решение позволяет организовать распределенный саморегулируемый рынок электроэнергии и вычислительных ресурсов, обеспечивающий эффективное и надежное электроснабжение потребителей в микрогрид-системах при минимуме участия как внешней электросети, так и самих потребителей.

Литература

1. **Chenghua Z., Jianzhong W., Yue Z., Meng C., Chao L.** Peer-to-Peer energy trading in a Microgrid // *App. Energy* – 2018. – № 220
2. **Волошин А.А., Волошин Е.А., Рогозинников Е.И.** Интеллектуальная система электроснабжения на базе персональных энергоблоков // *ЭЭПИР* – 2017. – № 1
3. **Eung S.K., Seung J.P., Jae G.S., Ju W.G.** A Blockchain-Based Energy Trading Platform for Smart Homes in a Microgrid // *ICCCS* – 2019. – № 3

*С.С.Усачев студ., А.Р.Энтенеев студ.; рук. А.А. Волошин к.т.н.,
Е.А. Волошин;
(МЭИ, Москва)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Существуют различные классы задач, решаемых в электроэнергетике с помощью программно-аппаратных комплексов. Часть задач могут быть решены за короткое время с использованием относительно простых алгоритмов, часть задач требуют накопления информации для оценки тенденций изменения параметров работы оборудования по математическим моделям [1]. Существуют задачи, решение которых не может быть осуществлено с помощью синтеза математической модели на основе паспортных или иных данных об оборудовании. К такому классу задач относятся: прогнозирование технического состояния оборудования для планирования ремонтов по фактическому состоянию, прогнозирование аварийных ситуаций, классификация режимов работы электроэнергетического объекта.

Задача прогнозирования технического состояния оборудования основана на анализе большого количества данных о предшествующих режимах работы с учётом большого числа факторов: величина, частота и длительность перегрузок, погодные условия эксплуатации, количество и объём проведенных ремонтов, химический и газовый состав масла и др. Решение задачи классификации режимов работы электроэнергетического объекта необходимо для отнесения текущего режима работы электроэнергетического объекта к нормальному (когда не должно происходить срабатываний устройств РЗА) или ненормальному (когда срабатывание устройств РЗА может происходить при определённых условиях). Для проведения классификации текущего режима необходимо анализировать большой объём сигналов (положения коммутационных аппаратов, телеизмерения на всех присоединениях, значения отпаек РПН и др.) с учётом ретроспективных данных о состоянии энергообъекта и данных об окружающей энергосистеме. Отнесение текущего режима к нормальному позволит осуществлять дополнительную верификацию работы системы РЗА для исключения ложных срабатываний.

Литература

1. **В.В. Крылов, С.В. Крылов.** Большие данные и их приложения в Электроэнергетике.

М.Д. Анфимов, студ.; рук. Е.А. Шершунова, к.т.н. (ИЭЭ РАН, г. Санкт-Петербург)

О влиянии шероховатости поверхности диэлектрика на развитие барьерного разряда.

Несмотря на то, что барьерным разрядом занимаются уже более ста лет, до конца не ясно, играет ли определяющую роль в его развитии химический состав диэлектрика или шероховатость его поверхности [1]. Логично предположить, что ответ на поставленный вопрос может быть найден, исходя из результатов экспериментальных исследований разряда, основанных на анализе заряда, оседающего на поверхности диэлектрика за приложенный к электродам разрядного промежутка импульс напряжения. Для проведения исследований была собрана электрофизическая установка в составе генератора высоковольтных импульсов [2], разрядной ячейки и диагностического блока, с помощью которого определялось напряжение на ячейке, ток через неё и заряд на поверхности барьера. Напряжение на ячейке измерялось высоковольтным пробником TectronixP6015A с внутренним сопротивлением 100МОм и емкостью 3 пФ, ток разряда оценивался посредством резистивного малоиндуктивного шунта. Заряд на поверхности рассчитывался исходя из показаний емкостного сенсора подобно методу, используемому в [3]. Преимуществами метода являются простота и возможность получать данные в реальном времени, используя только возможности осциллографа. В ходе эксперимента были исследованы образцы полиметилметакрилата, а так же алюмооксидной керамики типа СТ50-1 с различной шероховатостью поверхности.

Список литературы

1. M.V. Sokolova Influence of a Bias Voltage on the Characteristics of Surface Discharges in Dry Air Plasma Process. Polym. 2005, 2, 162–169
2. Малашин М.В., Мошкунов С.И., Хомич В.Ю., Шершунова Е.А. Полупроводниковый генератор высоковольтных прямоугольных импульсов для питания барьерного разряда. Приборы и техника эксперимента, 2016, 2, 71-75.
3. Leonov B.S. Dynamics of charge transfer by surface electric discharges in atmospheric air. Journal of Applied Mathematics and Physics, 2015, 3, 1062-1071

*В.С. Азарсков, студент; В.В. Воеводин, аспирант; рук. М.В. Соколова,
к.т.н., с.н.с.
(НИУ «МЭИ»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ПОВЕРХНОСТНОМ РАЗРЯДЕ

Поверхностный барьерный разряд (ПР) имеет широкую область применения для решения различных технологических задач, одной из которых является получение озона. Для увеличения площади, занятой плазмой ПР, электродную систему выполняют в виде ряда эквипотенциальных полос, отстоящих друг от друга на некотором расстоянии L , вблизи которых, при достижении напряжения зажигания, возникает ПР. Ранее было установлено, что оптимальное расстояние L , при котором выход озона максимален при неизменном значении приложенного напряжения, составляет 4 мм [1]. Однако, если ставится задача получения максимальной плотности заряженных частиц, вытягиваемых из плазмы ПР полем дополнительного третьего электрода, данное межэлектродное расстояние оказывается неоптимальным.

В работе рассматриваются основные факторы, влияющие на образование заряженных частиц, вытягиваемых из плазмы ПР – амплитуда и форма питающего разряд высокого напряжения, потенциал третьего электрода, расстояние между коронирующими электродами при неизменном расстоянии до третьего электрода 1 см. Помимо измерения электрических характеристик ПР, исследуется структура разряда с помощью метода электрографии.

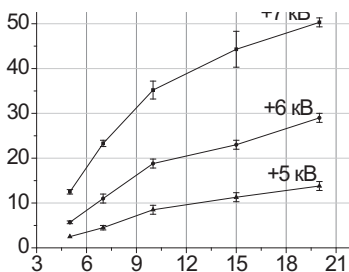


Рис. 1. Зависимость вытягиваемого ионного тока I_d от расстояния между коронирующими электродами

Литература

1. М. V. Kozlov, M. V. Sokolova, A. G. Temnikov, V. V. Timatkov, I. P. Vereshchagin, Int. Symp. High Pressure Low Temp. Plasma Chem. 2002, 1, 43.

С.П. Васильев, В.И. Карпенко, А.П. Болтунов, студенты; рук-ли А.А. Волошин к.т.н., зав. каф. РЭиАЭ; Е.А. Волошин, асс. (НИУ «МЭИ»)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА АГРЕГИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ НАГРУЗКОЙ

Непрерывное развитие промышленности меняет топологию энергосистем, все острее поднимаются вопросы бесперебойной работы. Существующие средства автоматики выбиваются из такта трендов модернизации.

Предлагается интеллектуальный способ управления нагрузкой на основе искусственного интеллекта (ИИ). ИИ позволяет достичь поставленных целей посредством дробления задачи и распределения отдельных ее сегментов без непосредственного участия человека [1]. «Тремя китами» метода являются технологии больших данных (BigData), технологии облачных вычислений и мультиагентная система (МАС). Облачные вычисления позволяют децентрализовать выполнение алгоритмов принятия решений [2].

Автономными агентами наделяются устройство контроля и передачи данных непосредственно у потребителей, центр управления. Выборка и анализ данных об электропотреблении из объема неструктурированной информации, аккумуляция электроэнергии по ночному тарифу в часы минимума нагрузки, распределение запасенной энергии в пиковые часы, определение приоритетности нагрузки, сигналы на управляющие воздействия – все это автоматизируется с помощью интеллектуальной системы, движущим элементом которой является МАС.

Испытана работоспособность системы на базе МЭИ. Промоделированы сценарии развертки микрогрид-системы и связи подконтрольных устройств с центром управления, написан алгоритм, позволяющий достигнуть идеи привлечения потребителей в оборот электроэнергии.

Система позволяет поддерживать бесперебойного электроснабжения без усложнения конфигурации сети экономически целесообразным путем. Актуально внедрение решения в энергосистему с малой плотностью населения и с большими расстояниями, к примеру, на Дальнем Востоке.

Литература

1. McArthur S.D.J. Multi-Agent Systems for power engineering applications Part I // Power Systems, IEEE Transactions on. – 2007. – Vol.№ 4. – P.1743 - 1752.
2. Farid A.M. Multi-Agent System Design Principles for Resilient// IEEE International Workshop on Intelligent Energy Systems (IWIES). – San Diego, 2014.

*В.С. Щупак, Д.М. Бисеров, Д.В. Сютлов,
О.Д. Архангельский, аспиранты
Рук. А.А. Волошин, к.т.н.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

Адаптивная иерархическая система релейной защиты и автоматики для сетей с распределенной генерацией

В настоящее время высокими темпами в электрические сети внедряется распределённая генерация на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). При этом существенным образом меняются соотношения рабочих токов и токов коротких замыканий в зависимости от текущего режима работы ВИЭ. Традиционный подход к расчёту параметров срабатывания (уставок) релейной защиты и автоматики (РЗА) теряет свою эффективность, так как возникающее снижение чувствительности пусковых органов РЗА приводит к нарушению её функционирования (отказу, излишнему или ложному срабатыванию), что существенно снижает надёжность электроснабжения потребителей. Обеспечение правильного функционирования РЗА в условиях существенных финансовых издержек при нарушении электроснабжения потребителей является очень важной задачей. Для этого необходимо создание адаптивной иерархической системы РЗА для сетей с распределённой генерацией при изменениях схемно-режимной ситуации [1].

Апробация предлагаемых решений может быть проведена с использованием метода полунатурного моделирования, предполагающего включение в контур моделирования симулятора RTDS и реального оборудования РЗА [2]. Это позволит оценить надёжность, безопасность и корректность работы интеллектуальных устройств, внедряемых в рамках предложенной концепции адаптивной иерархической системы РЗА.

Список используемой литературы

1. **Применение** оптимизационных методов для функционально-интегрированной систем релейной защиты и автоматики /А.Ф.Дьяков [и др.] // Релейщик. —2016.— № 1.— С. 24-31.
2. **Основные положения** концепции развития интеллектуальной электроэнергетической России с активно-адаптивной сетью. ПАО «ФСК ЕЭС», 2012 г.

*И.Е. Кальницкий, студ.; рук. Л.Л. Черненский, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЁЖНОСТИ ЗАЩИТЫ МОЛНИЕОТВОДАМИ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ПРЯМЫХ УДАРОВ МОЛНИИ

В настоящее время в вопросе надёжности наземных сооружений и оборудования, находящегося на открытом воздухе, молниезащита играет важную роль. Этот вопрос актуален, так как прямой удар молнии в объект может повлечь за собой серьёзные повреждения оборудования вплоть до полного выхода из строя, а также представлять опасность для жизни и здоровья человека.

Так как большое количество объектов, в том числе объектов энергетики, находится на открытом воздухе (ОРУ) и имеют достаточно большую протяженность (ЛЭП), эти объекты требуют высокой степени защиты от прямых ударов молнии [1]. Для обеспечения такой надёжности при минимальных затратах средств требуется система молниезащиты, спроектированная по правилам и отвечающая требованиям нормативных документов. Практическая сложность процесса расчета зон молниеотводов, наличие нескольких нормативных документов, многообразие защищаемых объектов, зданий и сооружений – все это требует создания программного комплекса для исследования надёжности защиты молниеотводами наземных объектов от прямых ударов молнии. Этот программный комплекс позволит выполнять расчеты и проектировать молниезащиту любых существующих наземных объектов, а также объектов, строительство которых планируется в будущем.

Программный комплекс рекомендуется сделать модульным, что позволит в дальнейшем добавлять к нему дополнительные модули, реализующие другие методики (по другим нормативным документам), в том числе вероятностную методику, разработанную на кафедре ТЭВН.

Литература

1. **Борисов Р.К., Калугина И.Е., Козлов Д.А., Орлов А.В., Соколов К.И., Темников А.Г., Хренов С.И., Черненский Л.Л.** Исследование физики молнии и проблем молниезащиты энергетических объектов. Энергетик, №6, 2013, с. 37-42.

*Я.Е. Жарков, студент; рук. С.И. Хренов, к.т.н., доц.; Д.А. Матвеев, н. с.
(НИУ «МЭИ»)*

**РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С УЧЁТОМ ЧАСТОТНЫХ
ЗАВИСИМОСТЕЙ ПАРАМЕТРОВ**

На сегодняшний день в проектировании молниезащиты воздушных линий (ВЛ) электропередачи и подстанций (ПС) высокого напряжения все шире применяются компьютерные модели, в которых статистические расчеты грозовых перенапряжений на ПС и на ВЛ осуществляются совместно, что обусловлено непрерывно развивающимся уровнем вычислительных мощностей персональных компьютеров. Расчет грозовых перенапряжений на ПС совместно с ВЛ реализован и программном комплексе автоматизированного проектирования молниезащиты, разрабатываемом на кафедре ТЭВН НИУ МЭИ для ПАО «Россети» на базе программы EMTLab. Одним из ключевых факторов корректности таких моделей является одновременный учет частотно-зависимых параметров ВЛ и импульсной короны на проводах.

Настоящий доклад посвящен совершенствованию методов учета частотных зависимостей параметров ВЛ и анализу их влияния на результаты расчета волн грозового происхождения на ВЛ и ПС. Для учета зависимостей параметров ВЛ от частоты применен метод векторной аппроксимации Густавсена [1], позволяющий в ходе расчета переходного процесса свести вычисление интегралов свертки токов и напряжений с передаточными функциями ВЛ к совместному решению уравнений состояния с системой дифференциальных уравнений рассматриваемой схемы ВЛ и ПС. В докладе представлен алгоритм расчета волновых процессов на ВЛ в микросекундном диапазоне и приведены особенности его программной реализации в программе EMTLab. Проанализировано влияние учета частотно-зависимых параметров ВЛ на результаты статистических расчетов грозовых перенапряжений на ВЛ и ПС.

Литература

1. **B. Gustavsen, H.M.J. De Silva.** Inclusion of Rational Models in an Electromagnetic Transients Program: Z-Parameters, S-Parameters, Transfer Functions // IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.28, No. 2, 2013, P. 1164–1174.

*А.В. Курочкин, студент; рук. С.И. Хренов, к.т.н., доц.;
Д.А. Матвеев, н.с. (НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ОТБОРА МОЩНОСТИ

Трансформаторы отбора мощности (ТОМ) – новые и перспективные устройства, предоставляющие экономичные и надежные технические решения для широкого круга задач по обеспечению электроснабжения, в т. ч. возможность прямого подключения к воздушным линиям электропередачи [1]. Конструктивно эти трансформаторы оказываются ближе к трансформаторам напряжения, нежели к силовым трансформаторам, что вызвано относительно небольшой номинальной мощностью (20–100 кВА). Их обмотки должны иметь слоевую конструкцию, и, для обеспечения приемлемых значений напряжения короткого замыкания, повышенное значение осевого размера. Реализация такой конструкции возможна при условии увеличения расчетного значения напряженности электрического поля в номинальном рабочем режиме и при испытаниях. Для этого в работе была поставлена задача уточнения критериев длительной и кратковременной электрической прочности изоляционных узлов ТОМ с определением их электрической прочности на макетах.

В докладе рассмотрены макеты изоляционных узлов ТОМ, представлены программа исследовательских испытаний макетов и результаты исследований. Приведен анализ результатов расчетов электрических полей в изоляции ТОМ с использованием трехмерных компьютерных моделей. Предложена методика расчета изоляции ТОМ посредством трехмерного компьютерного моделирования электрических полей и применения уточненных критериев длительной и кратковременной электрической прочности. Определены направления оптимизации конструкции ТОМ 110–500 кВ.

Литература

1. Д.А. Матвеев, В.С. Ларин, И.И. Никулов. Перспективы применения трансформаторов отбора мощности от ВЛ 110-500 кВ // Энергоэксперт, №5, 2017, С. 80-83

Р.Э. Теряев, студент; рук. С.И. Хренов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
**АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ЕМКОСТНОГО ТРАНСФОРМАТОРА
 НАПРЯЖЕНИЯ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ МАЛОМОЩНЫМ
 ВЫВОДОМ**

Традиционные конструкции емкостных трансформаторов напряжения (ЕТН) для электрических сетей 110–750 кВ обеспечивают надежное и экономичное техническое решение по передаче сигнала измерительной информации приборам измерения, защиты, автоматики, сигнализации и управления. Дополнительным преимуществом ЕТН является возможность использования их в качестве конденсаторов для организации высокочастотных трактов каналов связи, релейной защиты и противоаварийной автоматики. Однако, эти трансформаторы обеспечивают приемлемую точность измерений только на частоте 50 Гц, что делает невозможным их применение для контроля качества электроэнергии (измерение высших гармонических составляющих напряжения) и для регистрации быстропротекающих процессов, в частности, грозовых и коммутационных перенапряжений. Последние две задачи в настоящее время становятся все более актуальными, в частности, в связи с разрабатками и внедрением цифровых сетей.

Доклад посвящен работе по созданию конструкции ЕТН, который может передавать измерительную информацию современным цифровым устройствам коммерческого учета электроэнергии и высокочастотным регистраторам переходных процессов. В работе предложено оснастить ЕТН дополнительным измерительным выводом малой мощности. В докладе представлена конструкция такого ЕТН и его компьютерная модель, позволяющая рассчитывать погрешность измерений на маломощном выводе и влияние его нагрузки на угловую и амплитудную погрешность на выводах обмоток электромагнитного устройства.

Представлен подход к созданию модели «белого ящика» [1], обеспечивающей возможность учета частотно-зависимых параметров ЕТН в расчетах переходных процессов на подстанциях. Параметры модели получены на основе конструктивных параметров ЕТН. Учет частотной зависимости параметров осуществляется с помощью метода векторной аппроксимации Густавсена [2].

Экспериментальный образец ЕТН, основанный на предложенной в работе конструкции, предполагается изготовить на Раменском электротехническом заводе (ОАО «РЭТЗ Энергия»).

Литература

1. **B. Gustavsen, A. Portillo.** Interfacing k -Factor Based White-Box Transformer Models with Electromagnetic Transients Programs // IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 29, No. 6, 2014, P. 2534–2542.
2. **B. Gustavsen, H.M.J. De Silva.** Inclusion of Rational Models in an Electromagnetic Transients Program: Z-Parameters, S-Parameters, Transfer Functions // IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.28, No. 2, 2013, P. 1164–1174.

Направление
ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

Научный руководитель направления —
директор ИГВИЭ, к.т.н.,
доцент Т.А. Шестопалова

Секция 56
ГИДРОЭНЕРГЕТИКА И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ
ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Руководитель секции: Шестопалова Татьяна Александровна
Секретарь секции: Кунакин Дмитрий Николаевич

В.А. Одрезова, студ.; рук. В.А. Кузнецов, к.т.н., доц. (СамГТУ, Самара)

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С ПОМОЩЬЮ БУЙКОВОГО УРОВНЕМЕРА

Гидроэлектростанции могут очень быстро адаптироваться к изменяющимся потребностям в энергии, увеличивая или уменьшая производство электроэнергии. В засушливое время, когда расход воды на станции превышает её приток, необходимо прогнозировать время, в течение которого станция будет работать в нормальном режиме до тех пор, пока уровень воды в верхнем бьефе (ВБ) не достигнет критического значения.

Таким образом, контроль уровня воды в ВБ является важнейшим условием обеспечения нормального режима работы ГЭС. Для данной задачи целесообразно использовать буйковый уровнемер [1].

Стойка устанавливается на дно водохранилища с небольшим углублением неподалеку от плотины в защищённом ото льда месте. На буйёк, погруженный в воду, действует две силы: вес и сила Архимеда. Разность двух сил прикладывается к датчику силы, который преобразует её в электрический сигнал. Сигнал с датчика силы поступает в приёмно-передаточную аппаратуру и посредством радиосигнала передаётся на пульт управления ГЭС. Питание аппаратуры – автономное, с использованием солнечной батареи и аккумулятора. Для защиты буйка от обмерзания и покрытия льдом в зимнее время используется нагревательный элемент с терморегулятором. Для преобразования силы Архимеда в электрический сигнал применяются стандартные тензомодули [2].

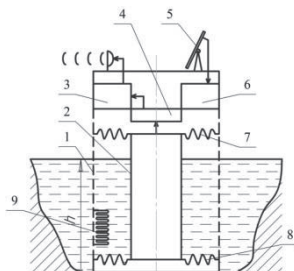


Рис.4. Схема буйкового уровнемера.

- 1 – решетчатая стойка,
- 2 – буйёк,
- 3 – приёмно-передаточная аппаратура,
- 4 – датчик силы,
- 5 – солнечная батарея,
- 6 – аккумулятор,
- 7 и 8 – диафрагменные пружины, на которых закреплён буйёк,
- 9 – нагревательный элемент с датчиком температуры.

Литература

1. **Измерения в промышленности.** Справ. изд. в 3-х кн. Кн. 2. Способы измерения и аппаратура: Пер. с нем. / Под ред. Профоса П. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1990. 344 с.
2. **Дж. Фрайден.** Современные датчики. Справочник. Москва: Техносфера, 2005. – 592 с.

Р. Х. Ф. Пеньюела, студ.; рук. Г. В. Дерюгина, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)
**РАСЧЕТ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ВЭС И ДЭС ДЛЯ Н.П.
КАБО ДЭ ЛА ВЕЛА В КОЛУМБИИ**

В работе рассматривается выбор оборудования наиболее энергоэффективной компоновки локального энергокомплекса (ЛЭК) на базе ветроэлектрической станции (ВЭС) и дизельной электростанции (ДЭС) для электроснабжения населённого пункта (н.п.) Кабо дэ ла Вела в Колумбии.

Ближайшей МС к н.п. Кабо дэ ла Вела является наземная метеостанция (МС) аэропорт Риоача. Расчет ветрового потенциала в условиях МС аэропорт Риоача проводился по многолетнему ряду наблюдений (с 18.января.2010 по 31.окт.2017) за скоростью (на высоте 10 м) и направлениями ветра с сайта «Расписание погоды» [1]. Было выявлено, что в течение года максимальное значение среднемесячной скорости ветра наблюдается в июле - 6,14 м/с, а минимальное в сентябре - 3,66 м/с. В условиях МС аэропорт Риоача имеется преобладающее восточное направление ветра.

Годовой график среднечасовых значений нагрузки н.п. Кабо дэ ла Вела был получен суммированием предварительно рассчитанных графиков нагрузки всех потребителей.

Была выбрана ДЭУ марки ННС63 от производителя RKraft в количестве 5 установок единичной мощностью 65 кВт с учетом минимальной ($P_{\text{мин}}=62,21$ кВт) и максимальной ($P_{\text{макс}}=311,6$ кВт) нагрузки н.п. Кабо дэ ла Вела.

Моделирование скорости ветра на высоты башен предполагаемых к установке вариантов ВЭУ проводилось по степенной зависимости при показателе степени «0,2» [2]. Выбор марки ВЭУ проводился в соответствии с ИЕС 61400-1, было отобрано 5 вариантов ВЭУ.

Окончательный выбор модели ВЭУ на предполагаемой площадке ВЭС осуществлялся в результате технического обоснования по критерию максимального вытеснения ДЭС из графика нагрузки, которое для выбранных марок ВЭУ составило 51,66% для ВЭС в составе ВЭУ марки Norwind 225 ($H_0=50$ м) в количестве 2 установок, что позволяет в среднем в год экономить топлива на ДЭС около 267150,38 л/год.

Литература

1. **Российский метеорологический сайт «Расписание погоды» [Электронный ресурс].** // Режим доступа: <https://rp5.ru/>
2. **Дерюгина Г.В., Малинин Н.К., Пугачев Р.В., Шестопалова Т.А.** Основные характеристики ветра. Ресурсы ветра и методы их расчета. Учебное пособие.// Издательство МЭИ, 2013.

**Б.М. Максатов., студ.; рук. Г. В. Дерюгина, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)
ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА СЕТЕВЫХ ВЭС И
СФЭС В КЫРГЫЗСТАНЕ**

Выбор перспективных площадок под строительство солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС) и ветроэлектрических станций (ВЭС) начинается с оценки ресурсов. Оценка ветроэнергетического потенциала Кыргызстана проводилась по многолетним данным (с 1995 г. по 2017 г.) 20-и наземных метеостанций (МС) на высоте 10 м от поверхности земли с сайта «Расписание погоды» (www.rp5). На площадках всех 20-и МС также был выполнен расчет основных среднесуточных характеристик ветра по методике, изложенной в [1], на высоте 100 м. Поднятие среднесуточной скорости ветра на высоту 100 м проводилось по степенной зависимости при определении показателя степени по разработанной автором эмпирической зависимости среднесуточного показателя степени m_0 от среднесуточной скорости ветра на высоте 10 м:

$$m_0(V_0^{10}) = 0,27V_0^{-0,084}$$

По результатам расчета были построены карты распределения среднесуточной скорости ветра и удельной мощности на высотах 10 м и 100 м и приблизительно оценен валовой потенциал ветроэнергетики Кыргызстана на высотах: 10 м – 7052,8 млрд. кВт·ч в год, 100 м – 39959,8 млрд. кВт·ч в год. Анализ ветровых ресурсов Кыргызстана выявил, что ветровая энергия распределена по территории страны крайне неравномерно. Наиболее перспективным регионом для строительства сетевых ВЭС является северо-восточная часть страны, валовой потенциал ветровых ресурсов над которой на высоте 100 м составляет около 22193 млрд. кВт·ч в год. Север Кыргызстана также благоприятен для строительства сетевых ВЭС, но из-за сложного рельефа местности (горный рельеф) и транспортной доступности далее этот регион не рассматривается.

Поскольку строительство крупных ВЭС целесообразно только в северо-восточной части страны, то анализ солнечных ресурсов проводился только для этого региона по данным 4-х актинометрических станций. Было выявлено, что приход суммарной солнечной радиации в северо-восточной части Кыргызстана меняется незначительно: от 1620 кВт·ч/м² в год до 1820 кВт·ч/м² в год и приближенно валовой потенциал составляет 74132 млрд. кВт·ч в год. Целесообразность строительства в северо-восточной части Кыргызстана сетевых ВЭС и СФЭС может быть выявлена только на основе технико-экономического обоснования.

Литература

1. А. Г. Васильков, Г. В. Дерюгина, Н. К. Малинин и Р. В. Пугачев, Ветроэнергетика, Москва: МЭИ, 2016.

*Ф.Ш. Мамаджанов, Ф.В. Молотов, студенты; рук. А.Г. Васьков к.т.н.,
доц. (НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА ДЕМОНСТРАЦИОННОГО СТЕНДА «ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ»

На сегодняшний день в странах СНГ наблюдается низкая осведомленность населения о возможностях использования технологий возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Для популяризации развития ВИЭ и решения данной проблемы был сконструирован мобильный стенд для демонстрации принципов работы солнечного и ветрового энергетического оборудования.

Данный мобильный стенд представляет собой кейс, в основной части которого размещены: пульт управления для коммутации основных устройств; модель ветрогенератора; вентилятор и прожектор имитирующие поток ветра и солнечное излучение соответственно; также предусмотрен отсек для дополнительного и запасного оборудования.

Пульт управления включает в себя два двухоперационных выключателя, замыкающие и размыкающие электрическую цепь прожектора и вентилятора, а также два контроллера, предназначенные для регулировки интенсивности света и скорости ветра.

В верхней части демонстрационного стенда расположены: четыре солнечных модуля; вольтметр и амперметр; разъемы для последовательного и параллельного соединения источников и потребителей электроэнергии. Электротехнические параметры оборудования были выбраны исходя из предполагаемой электрической нагрузки, в качестве которой взята светодиодная панель, а также набор резисторов различного номинала.

Помимо визуальной демонстрации работы солнечных и ветровых энергоустановок имеется возможность экспериментального исследования их энергетических характеристик.

Данный демонстрационный стенд может получить широкое применение и будет незаменим для проведения открытых уроков в рамках профориентации школьников старших классов, а также удобен и полезен для студентов в качестве практических занятий для закрепления теоретического материала.

*К. П. Клямеров, студ.; А. А. Терехина, студ.;
рук. С. П. Астахов, к. т. н., доц.
(Филиал МЭИ в г. Смоленске)*

ПОДХОД К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЭНЕРГИИ ЛОКАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ВОЗДУШНЫХ МАСС, ВЫЗВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ НА АВТОСТРАДАХ

Известны некоторые подходы к использованию энергии локальных перемещений воздушных масс, вызванных транспортными потоками:

- проект «*Turbine Light*» компании *TAK Studio*, предусматривающий размещение ветрогенераторов на фонарных столбах, с целью обеспечения автономного освещения участков автострад [1];

- проект «*E Turbine*» (автор *Pedro Gomes*), предусматривающий размещение ветрогенераторов на разделительных полосах автострад, с целью получения электроэнергии для зарядки аккумуляторов или передачи ее в сети электроснабжения [2].

Указанные проекты до сих пор не имеют технической реализации и существуют на уровне концептов. Несмотря на кажущуюся простоту их технической реализации, существуют определенные трудности, обусловленные, прежде всего, выбором рационального схмотехнического решения электронного устройства, обеспечивающего выполнения следующих функций: сбор электроэнергии, характеризующейся нестабильностью параметров в широких пределах, поступающей от некоторого количества ветрогенераторов; преобразование собранной электроэнергии к виду, который обеспечивает ее использования для накопления и выдачу в нагрузку; управление режимами накопления электроэнергии.

Таким образом, разработка рационального схмотехнического решения электронного устройства, может позволить положить начало использования энергии локальных перемещений воздушных масс, вызванных транспортными потоками, в результате которого появится возможность перевода энергозависимых объектов автострад на частичное, а возможно и полное обеспечение электроэнергией.

Литература

1. **Turbine Light** Illuminates Highways With Wind // INHABITAT.COM: Onlineguide to the green design ideas. URL: <http://inhabitat.com/turbine-light-powershighwaylights-with-wind/>.

2. **E Turbine** // DAILYTEC HINFO.ORG: Новости науки и технологий, новинки техники. URL: <http://www.dailytechinfo.org/auto/1722-e-turbinevyrabatyvaet-yenergiyu-ispolzuya-veter-podnyatyj-dvizhushhimisyaya-avtomobilyami.html>.

*В.Н. Боровиков, магистр; рук. А.К. Лямасов, к.т.н.
(НИУ «МЭИ», Москва)*

ПОВЫШЕНИЕ КПД СТРУЙНЫХ НАСОСОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ В КОМБИНАЦИИ С ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ НАСОСАМИ

Известно, что КПД струйных насосов (СН) не превышает 0,35-0,4 [2].

Наиболее распространенные методики расчета СН с центральным соплом построением огибающей характеристик предложенная Л.Г. Подвидзом и Ю.Л. Кирилловским [1, 2], а также с использованием обобщенных характеристик СН предложенная Е.Я. Соколовым и Н.М. Зингером [3] обеспечивают адекватную точность расчета характеристик СН. Основы расчета СН с кольцевым соплом изложены в [2].

Из способов улучшения взаимодействия потоков и снижения потерь в проточной части СН можно отметить закрутку потоков, которую можно реализовать в большинстве конструкций СН различными способами [1].

Разрабатывается конструкция СН с закруткой потока, что позволит повысить КПД по сравнению с классическими СН и даст возможность эффективно использовать их в комбинации с ЦН.

Одной из проблем эксплуатации ЦН является их работа на пониженных подачах, выходящих за рекомендуемые пределы. На этих режимах работы ЦН имеет низкий КПД, наблюдаются повышенные вибрации, шум, радиальные силы, действующие на ротор (и как следствие быстрый выход из строя подшипников), обратные токи в рабочем колесе, которые приводят к дополнительным потерям энергии. Также на этих режимах большинство центробежных насосов имеют низкие кавитационные качества. Выход ЦН на такой режим может происходить из-за переменности параметров гидросистемы.

Во избежание вышеперечисленных проблем можно использовать ЦН совместно СН (как единый агрегат или отдельно). Различные вариации таких схем известны давно [2]. Однако расчет СН предлагается вести на минимальный защитный расход ЦН.

В этом случае СН может использоваться как бустер ЦН, создавая требуемый подпор и защищая ЦН от работы на пониженных подачах. Подвод рабочей жидкости к СН может быть реализован, как от автономного насоса, так и от ЦН в комбинации с которым он работает.

Литература

1. Калачев В.В. Струйные насосы. Теория, расчет и проектирование/ Калачев В.В./ М.: Филинь: «Омега-Л», 2017. – 418 с., илл.
2. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. 256 с., ил.
3. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные насосы. М.: Энергоатомиздат, 1989. 352 с.

Г.И. Щербинин, студ.; рук. Г. В. Дерюгина, ст. преп. (НИУ «МЭИ»)
ОБОСНОВАНИЕ СЕТЕВОЙ ВЭС В САМАРСКОЙ
ОБЛАСТИ

Анализ топливно-энергетического комплекса Самарской области. В работе рассматривается дополнение в существующую энергосистему Самарской области крупной ветроэлектростанцией (ВЭС).

Выбор перспективных площадок под строительство ветроэлектрических станций (ВЭС) начинается с оценки ветровых ресурсов в регионе. Расчет ветроэнергетического потенциала Самарской области проводился по многолетним данным (с 2008 г. по 2018 г.) 15-и наземных метеостанций (МС) на высоте 10 метров над поверхностью земли с сайта «Расписание погоды» [1].

Предварительная площадка под размещение ВЭС была намечена по ветровой активности, транспортной доступности и возможности подключения к единой энергосистеме. Для выбранной площадки ВЭС был выполнен полный расчет ветроэнергетического кадастра. Анализ существующей электрической схемы «Самарская Энергосистема» выявил, что возможно подключение ВЭС к энергосистеме Самарской области.

Оценка энергетических показателей ВЭС (годовой выработки, коэффициента использования удельной мощности и удельной энергии с единицы ометаемой площади) производилась по данным расчетного 2011г. Выбор вариантов ВЭУ проводился в соответствии с ГОСТ Р54418.1. Пересчет скорости ветра на высоту оси ВК выполнялся по степенной зависимости вертикального профиля: $V_{ВЭС}^{hl} = V_{ВЭС}^{10l} \left(\frac{h}{10}\right)^{ml}$, где 1 номер месяца [2].

Окончательный выбор варианта ВЭУ должен производиться на основе технико-экономического обоснования, но в данной работе он производился по критерию энергоэффективности - максимальное значение коэффициента использования установленной мощности ВЭУ. В соответствии с данным критерием из 10-и вариантов ВЭУ наиболее энергоэффективной установкой оказалась модель Dewind D8.2 (США). Была принята схема размещения 11-и ВЭУ в шахматном порядке.

Литература

1. Сайт «Расписание погоды»// [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rp5.ru>
2. А.Г. Васьков, Г.В. Дерюгина, Н.К. Малинин, Р.В. Пугачев. Ветроэнергетика // Учебное пособие, Издательство МЭИ 2016.

Т.У. Вахитов, студент; рук. А.К. Лямасов, к.т.н. (НИУ «МЭИ»)

герметичный пластинчатый насос для сред с низкой вязкостью и смазывающей способностью

Существенные преимущества роторных пластинчатых гидромашин перед другими видами, обуславливают их широкое применение в гидроприводах станков, строительно-дорожных машинах, в прокатном оборудовании, в корабельных механизмах и др. При этом в качестве рабочей жидкости используются, как правило, чистые масла, обладающие высокой смазывающей способностью.

На сегодняшний день пластинчатые гидромашин широко используются в качестве альтернативы динамическим насосам. В данном процессе замены играют важную роль такие свойства, как возможность работы с жидкостями высокой и низкой вязкости, возможность кратковременной работы без предварительной заливки (на «сухую»), высокая всасывающая способность и ремонтпригодность, широкие возможности по конструктивной унификации [1].

При этом требуется учитывать необходимость работы на средах с низкой вязкостью и смазывающей способностью, что накладывает особые требования на применяемые материалы, способы разгрузки и охлаждения.

Анализ параметров и конструкций пластинчатых насосов показал, что для данного типа гидромашин имеется возможность интегрировать плоскую ведомую магнитную полумуфту в ротор, что может существенно сократить массо-габаритные показатели герметичного насоса. Особенно актуальным данное решение может быть при замене одноступенчатых центробежных насосов малой быстроходности и мощности, поскольку подобные машины имеют низкий КПД и большой диаметр рабочего колеса.

На ротор такой машины в радиальном направлении действует давление рабочей жидкости, которое передается на опоры, монтируемые большей частью на подшипниках скольжения. Низкая вязкость перекачиваемой среды при этом благоприятно сказывается на эксплуатационных свойствах гидромашин.

Литература

1. Зайченко И.З., Мышлевский Л.М. Пластинчатые насосы и гидромоторы. Изд. «Машиностроение», 1970, стр. 229.

С.С. Зотов, А.А. Сысоев, студенты; А.Г. Васьков к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВОБОДНОТОЧНОГО ГИДРОАГРЕГАТА ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ИЗОЛИРОВАННОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ

Объектом исследования являются рабочие колеса с профилем лопастей, разработанные финским инженером Савониусом и советским инженером К.А. Угринским [1]. Цель исследования – проверка возможности электроснабжения автономного потребителя от свободнопоточного гидроагрегата. В процессе работы были получены экспериментальные характеристики рабочих колес (рисунок 1). На основе характеристик был сделан вывод о целесообразности применения ротора, разработанного К.А. Угринским. На основе характеристик ротора был произведен вывод характеристик требуемой электрической машины [2]. Была разработана и собрана электрическая машина на постоянных магнитах. Основные конструктивные и технико-эксплуатационные показатели: малый размер для исследования модельных характеристик рабочих колес, укрупненный размер для рабочей модели.

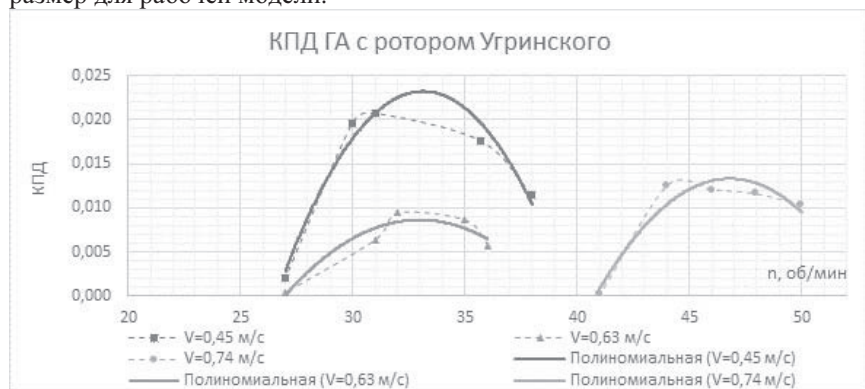


Рис. 1 – Характеристика КПД от числа оборотов при фиксированной скорости для ГА двухлопастным ротором Савониуса в модификации Угринского

Литература

1. Свободнопоточные гидроэлектростанции малой мощности. / Б.Б. Кажинский.
2. Международный научно-исследовательский журнал. Часть 3. Декабрь. 2016 год. Страницы 28-34. / А.А. Бубенчиков, А.Е. Белодедов, И.С. Булычев, А.О. Шепелев.

И.Халлыев, Н.Таначев, студенты; рук. К.Х.Гильфанов, д.т.н. (КГЭУ, Казань)

ТЕПЛОНАСОСНАЯ СИСТЕМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

На сегодняшний день, возобновляемая энергетика не является энергетикой будущего, а считается энергетикой настоящего. Во многих странах давно используют альтернативные источники тепловой энергии – воздух, грунтовые воды, воды водоемов, энергию солнца. Извлекают теплоту из окружающей среды с помощью теплонасосной системы теплоснабжения (ТСТ), основой которого является тепловой насос. Большими преимуществами данной системы является экологичность и экономичность.

Одним из основных недостатков ТСТ является дороговизна монтажа коллектора первого контура. Коллектор теплового насоса представляет собой изолированные трубки, горизонтально смонтированные в глубине не меньше 1.5 метра, или вертикальные зонды, для монтажа которых необходимо бурение до 20 метров. Горизонтальные коллекторы являются более популярными из-за запрета на бурение во многих местностях. Горизонтальные коллекторы имеют также экологический вред почве, так как почва над коллекторами со временем становится непригодной для растительности.[1]

Солнечный коллектор(СК) является не менее важным компонентом предлагаемой системы. Если реализовывать отопление и ГВС только с использованием СК, то для обеспечения тепловых нужд среднего коттеджного дома, необходимо установить солнечный коллекторы с общей площадью 180 м² . Учитывая что единственным местом, при установке на котором не уменьшится общий КПД коллектора, является крыша дома, то установка столь большого количества солнечных коллекторов является невозможной.[2]

Подача нагретой солнечным коллектором воды в первый контур теплового насоса вдвое сократит количество необходимых СК. В регионах с высокой инсоляцией, при больших количествах солнечных дней, можно будет подавать воду из СК напрямую в систему отопления, при этом не затрачивать энергию на функционирование теплового насоса, что положительно повлияет на КПД всей системы.

Литература

1. **Амерханов Р. А.** Тепловые насосы. М.: Энергоатомиздат, 2005. 160 с.
2. **Сарнацкого Э.В., Чистовича С.А.** Системы солнечного тепло- и хладоснабжения. М: Стройиздат, 1990. 208 с.

Н.В. Алиходжина, Ф.В. Молотов, студенты; рук. Г.В. Дерюгина, ст. преподаватель, (НИУ «МЭИ»)

СУТОЧНЫЙ ПРОГНОЗ СКОРОСТИ ВЕТРА ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ВЕЙБУЛЛА

В работах, посвященных теме прогноза скорости ветра основной проблемой является установить взаимосвязь между климатическими параметрами, временным фактором и скоростью ветра. В зависимости от этих взаимосвязей и исходных данных меняется и подход к построению модели.

В данной работе для суточного прогноза скорости ветра используется теоретическое распределение Вейбулла [1]. Разработка методики производилась по рядам метеонаблюдений за скоростью ветра с 10-и минутным осреднением ветроизмерительного комплекса, установленного в поселении Усть-Камчатск на полуострове Камчатка. Предварительно были рассчитаны суточные коэффициенты вариации и среднесуточные скорости за год, на базе которых была построена модель в виде эмпирической зависимости коэффициента вариации от среднесуточной скорости ветра для каждого месяца.

Расчет суточной выработки ветроэнергетической установки (ВЭУ) проводится по теоретической повторяемости скорости ветра по распределению Вейбулла. Параметры которого определяются в зависимости от прогнозируемой среднесуточной скорости ветра. Оценка применимости разработанной методики проводилась сравнением суточной выработки, определенной по фактическим суточным 10-ти минутным значениям скорости ветра на высоте оси ветроколеса с выработкой, рассчитанной по теоретическому распределению Вейбулла параметры которого определяются по разработанной авторами модели в зависимости только от прогнозной среднесуточной скорости ветра. В результате проведенных исследований было выявлено, что применимость данной модели приводит к ошибке определения суточной выработки ветроэлектрической станции (ВЭС) не более 30% для площадки Усть-Камчатской ВЭС; величина ошибки существенно зависит от коэффициента корреляции между коэффициентом вариации и среднесуточной скоростью ветра.

Анализ влияния точности разработанной методики на энергетическую эффективность одиночной ВЭУ не выявил зависимости между $\delta_{(V)}$ и δ_s , т.к. небольшие значения $\delta_{(V)}$ приводят как к существенным ошибкам в определении выработки, так и к незначительным.

Литература

1. **Ветроэнергетика:** учебное пособие / А. Г. Васьков, Г. В. Дерюгина, Н. К. Малинин, Р. В. Пугачев, Нац. исслед. ун-т “МЭИ” . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 384 с. - ISBN 978-5-7046-1765-5 .

*Д.В. Горбатовский, студ.; рук. Г.Ю. Новиков, доц.
(Филиал МЭИ в г. Смоленске)*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Интерес к геотермальным источникам энергии обусловлен нестабильностью на мировых рынках традиционных энергетических носителей; развитием технологической базы геотермальной энергетики; экологической безопасностью геотермальной энергетики; перспективностью использования геотермальных станций в качестве элементов автономных энергосистем.

Наиболее перспективным для геотермальной энергетики является Камчатка и Курильские острова. На сегодняшний день пробурены порядка 400 скважин на глубину от 170 до 1800 м. С 1966 года успешно работает Паужетская геотермальная электростанция. Она использует 21 скважину с глубинами от 220 до 480 м. Каждая из них в среднем обеспечивает около 10 кг/с пароводяной смеси. Потенциал месторождения, на котором работает станция, позволяет генерировать электрическую мощность 50 МВт.

В мировой геотермальной энергетике используются технологические схемы станций прямого, бинарного и комбинированного циклов — в зависимости от фазового состояния и температуры геотермального теплоносителя. Технологические схемы современных геотермальных станций можно классифицировать по фазовому состоянию геотермального теплоносителя, типу термодинамического цикла и применяемых турбин. Геотермальные электростанции работают на геотермальном теплоносителе в виде перегретого пара, пароводяной смеси и горячей воды.

С учетом сказанного можно сделать вывод о том, что определяющими факторами развития отечественной геотермальной энергетики являются: использование геотермальных станций в качестве элементов автономных энергосистем; хорошая обеспеченность России геотермальными ресурсами; экологическая безопасность геотермальных станций в традиционном понимании; большой практический опыт строительства и эксплуатации геотермальных станций на Северном Кавказе и Дальнем Востоке; широкое использование в геотермальной энергетике прогрессивных технологий.

Литература

1. Томаров Г.В., Никольский А.И., Семёнов В.Н., Шипков А.А. Геотермальная энергетика: Справ.-метод. изд. / Под ред. П.П. Безруких. — М.: ИнтерэнергоИздат, Теплоэнергетик, 2015.

*Т.Ю. Федосова, студ.; рук. Г.Ю. Новиков, доц.
(Филиал МЭИ в г. Смоленске)*

ПРОБЛЕМА ПРИМЕНЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Рассмотрим аргументы в пользу применения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ): высокая степень централизации энергетической системы России; возрастающее внимание к охране окружающей среды; макроэкономическая ситуация в современной России, тенденции к технологической децентрализации энергоснабжения, базирующиеся на итогах реформирования РАО ЕЭС [1].

Широкое применения НВИЭ обуславливают технологические и организационные последствия реформирования РАО ЕЭС. А именно – активный переход генерирующих мощностей в стране на природный газ, как экономически эффективный и экологически чистый вид топлива, рост эффективности применения автономных, комбинированных энергетических систем (КАЭС) [2].

С целью выбора эффективной структурно-функциональной схемы (КАЭС), вводится целевая функция, учитывающая эффект энергосберегающих мероприятий. Её можно представить в виде Z:

$$Z = \frac{A_{\text{пол}}}{Z_{\text{НВИЭ}}} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $A_{\text{пол}}$ - полезно используемая энергия, полученная от НВИЭ;
 $Z_{\text{НВИЭ}}$ - затраты на использование НВИЭ.

Коэффициент R- показатель энергетической эффективности, позволяет выбрать эффективную мощность ($P_{\text{эн}}$).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^m A_{\text{пол}} P_i(A)}{E_{\text{з уд}} P_{\text{уст}}} = \frac{\sum_{i=1}^m A_{\text{ит}} P_i(A) k_{\text{об}}}{P_{\text{уст}} \sum_{j=1}^m E_{\text{з уд}} j}. \quad (2)$$

Критерием для выбора мощности КАЭС может служить видоизмененная целевая функция, учитывающая энергетические и экономические показатели:

$$Z_p = \frac{\sum_{i=1}^n A_i P_i(A) k_{\text{исп}} i}{Z_{\text{НВИЭ}}} \rightarrow \max. \quad (3)$$

Таким образом, можно определить мощность КАЭС, обеспечивающую ее наилучшие энергетические и экономические показатели.

Литература

1. **Алсахов А.Б.** Возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. – М: Издательство МЭИ, 2011.
2. **Денисов В.В.** Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – М. Феникс, 2015.

Д. А. Морозов, С. А. Куделина, студенты; рук. Ф. В. Молотов, ассистент (НИУ «МЭИ»)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОРЩЕВИКА В КАЧЕСТВЕ СУБСТРАТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА

Борщевик является весьма насущной проблемой для сельского хозяйства – этот сорняк может поражать огромные площади за короткое время. Мы предлагаем использовать его как компонент субстрата для биогазовой установки. Нами была разработана собственная схема, которая представлена на Рисунке 1. Предложенная схема может быть масштабирована под любые размеры и требуемый объём вырабатываемого газа. Идёт процесс сборки модели такой установки, ферментор было предложено сделать из бочки объёмом 159 литров.

Из отсека 1 субстрат поступает в ферментор 2, нагретый водой и нагревателем 8 до температуры 30-40 градусов. В нем субстрат разлагается под действием бактерий, которые в дальнейшем выделяют биогаз. Остатки органической массы отводятся в камеру 3, в дальнейшем их можно использовать как удобрение. Образовавшийся газ откачивается насосом 5 в газовый баллон 6, проходя через фильтр углекислого газа 4. Из газового баллона газ идет на газовую турбину 7. [1]

В настоящее время ведется подбор материалов, пригодных для изготовления данной установки и оценка объема газа на выходе.

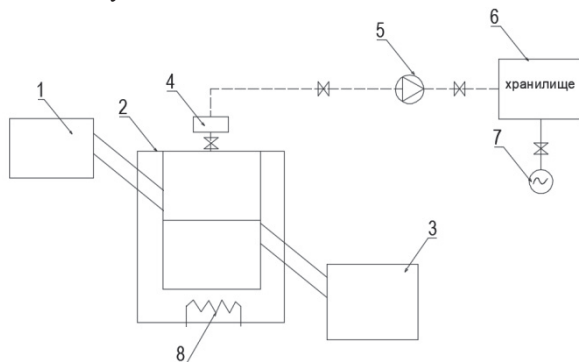


Рисунок 1. Схема биогазовой установки

Литература

1. Барбара Эдер, Хайнц Шульц. «Биогазовые установки. Практическое пособие.», 1996.

Д.С Доброхотов, О.И Чернов, студенты.; рук. Ф. В. Молотов, ассистент (НИУ «МЭИ»)

Исследование процессов КЗ на ВЭУ

Проблема возникновения КЗ в сети в настоящее время является актуальной темой для исследования и разработок. Одной из самых актуальных проблем ВЭС является надёжность электроснабжения потребителей. Одним из самых распространённых видов аварий является короткое замыкание на линии и в обмотке генератора. Такие процессы моделируются на специализированном оборудовании, включающем в себя машину двойного питания.

Особенностью КЗ является то, что выделяемая теплота пропорциональна квадрату тока. Так из-за увеличения тока в 20 раз, выделяемая теплота возрастет в 400 раз, что может привести к повреждению оборудования или сокращения срока их эксплуатации. Например, для кабелей с бумажной изоляцией превышение температуры на каждые 8°C сокращает срок их службы в 2 раза. [1]

Для защиты сети от токов КЗ вводятся плавкие предохранители или автоматы, отключающие напряжение при слишком больших токах. На ВЭС все чаще устанавливают машины двойного питания. Такие генераторы целесообразно использовать в установках большой мощности, где их преимущество наиболее сильно проявляются. На изображении представлен график тока при КЗ в сети. КЗ происходит на расстоянии равном 60% длины от ВЭС до потребителя. Машина двойного питания, время КЗ 500 мс. (Рисунок 1):

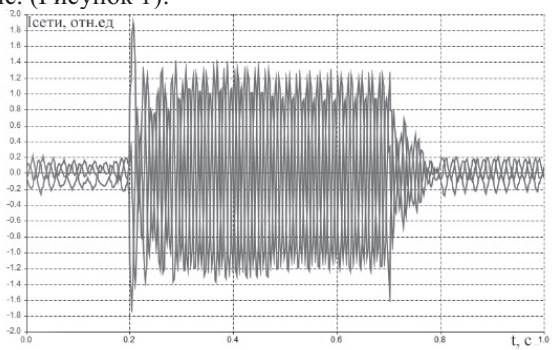


Рисунок 1. КЗ сети в машине двойного питания.

Литература

1. **В.В.Базуткин.** «Техника высоких напряжений» Изд. «Энергия», Москва, 1986.

*Е.М. Скопова, студ.; рук. М.М. Султанов, к.т.н., доц.; В.М. Труханов, д.т.н., проф.
(Филиал МЭИ в г. Волжском)*

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ГЭС В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Существующие методы определения остаточного ресурса оборудования ГЭС базируются на системе планово-предупредительных ремонтов (ППР) и ремонта по техническому состоянию (РТС) [1]. Опыт работы с оборудованием по системе ППР показал, что существует вероятность отказа оборудования как до начала ремонта, так и после предполагаемого восстановления ресурса. РТС лишен этого недостатка, однако требует трудоемкого сбора данных о состоянии и условиях работы оборудования [2]. Актуальность предлагаемого метода заключается в возможности определения вероятности надежной работы оборудования ГЭС по значениям количества отказов и времени работы.

Нередко остаточный ресурс выведенного в ремонт оборудования оказывается значительным. Использование разработанного метода оценки уровня надёжности (далее - Метод) является новым и позволит изменить структуру ремонтной деятельности на ГЭС с ППР на РТС. Предлагается внедрение расчета параметра точечной оценки наработки на отказ оборудования ГЭС, выражаемой формулой:

$$\hat{T}_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{t_i}}, \quad (1)$$

где t_i - суммарное время работы i -го элемента оборудования в процессе испытаний или эксплуатации; m_i - число счетных отказов и неисправностей, зафиксированных в процессе испытаний или эксплуатации i -го элемента оборудования; n - число элементов оборудования.

На базе предложенного Метода авторами разработан программно-расчетный комплекс, который показал эффективность перестройки ремонтной деятельности ГЭС на РТС, достоверные и применимые зависимости, необходимые для внедрения в производственную деятельность.

Литература

1. СТО РусГидро 02.01.62 – 2012
2. **Узакова Л. П., Каландаров Н. О.** Современные методы и средства технического диагностирования // Молодой ученый. – 2014. – №9. – С. 216-218.

*С.О. Бокв, студ., А.А. Дружинин, асп.; А.В. Наумов, с.н.с., к.т.н.; рук.
А.В. Волков, д.т.н., профессор. (НИУ «МЭИ»)*

КОМБИНИРОВАННЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ АЛЬТЕРНАТИВА ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ИЗОЛИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Тригенерация как совокупное производство электричества, теплоты и холода сегодня ложится в основу создания энергоисточников нового типа. Большинство из них основаны на традиционных источниках энергии. Исходя из обостряющихся вопросов, связанных с экологическими аспектами, необходима модернизация таких систем (использование комбинированных энергоисточников построенных на основе возобновляемых источниках энергии взамен работающих на традиционном топливе) или создание совершенно новых комбинированных систем, построенных с использованием возобновляемых источников энергии.

Исследования, проведенные в последнее время [1], показывают, что локальные комбинированные источники энергии эффективны для применения в системах комплексного энергоснабжения автономных потребителей. Технология направлена на создание энергоисточников, обеспечивающих ресурсосбережение, это одна из приоритетных задач при совершенствовании энергетического оборудования [2] в настоящее время.

Комбинированный источник энергии способен обеспечить потребителя электричеством, теплотой и холодом. Рассматривая работу энергетического источника с точки зрения обеспечения потребителя теплотой необходимо отметить, что для данного цикла важное значение отводится эффективной работе циркуляционных насосов. Для повышения эффективной их эксплуатации предлагается подход, основанный на расширении эффективной рабочей зоны циркуляционных насосов. Такой подход можно также перспективно использовать для систем оборотного водоснабжения ТЭС, в которых циркуляционные насосы работают в широком диапазоне переменных расходов в зависимости от режима работы энергоблока.

Благодарность

Результаты получены при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых МК-6466.2018.8

Литература

1. **Фортов В.Е., Попель О.С.** Энергетика в современном мире, 2011 г.
2. **Тишков С.В., Щербак А.П.** Роль возобновляемой энергетики в развитии северных территорий.// Промышленная энергетика №8.-2018г.-с.46-50.

А. Н. Попов, студ.; рук. А. И. Попов, д.т.н., проф. (НИУ «МЭИ»)

СОЛНЕЧНАЯ И ВЕТРЯНАЯ ЭНЕРГИЯ КАК СПОСОБ БОРЬБЫ С ГЛОБАЛЬНЫМ ПОТЕПЛЕНИЕМ

Мир стремительно меняется прямо на наших глазах, и эти изменения влекут за собой печальные последствия, с которыми придется столкнуться людям будущего. Население Земли неуклонно растет, при этом количество земли, пригодной для выращивания съедобных сельскохозяйственных культур остается постоянным, что может привести к голоду в отдельных регионах уже к концу 21-го столетия [1]. Использование “грязной” энергии, добытой из таких ископаемых источников как нефть и газ, приводит к ускорению выброса диоксида углерода в атмосферу, что в свою очередь ведет как к ускорению роста температуры глобально, так и к экологическим катастрофам и радикальному изменению климата в различных географических регионах в частности [1].

В данной работе анализируются имеющиеся в литературе прогнозы роста численности населения Земли и количества “парникового газа” – диоксида углерода в атмосфере. В частности рассмотрена проблема “глобального потепления”, и способы борьбы с ней с помощью использования альтернативных и экологичных источников электроэнергии, не эмиттирующих диоксид углерода в атмосферу: ветряных мельниц и солнечных панелей. Основной фокус сделан на солнечных панелях, использующих фотоэлектрический эффект. Показано, что фотовольтаические элементы преобразующие солнечный свет в электрический ток уже сейчас достигают КПД до 46% [2]. Одновременно со снижением стоимости литий-ионных батарей, стоимость электроэнергии полученной из солнечного света сравнялась со стоимостью электроэнергии полученной путем сжигания угля уже в 2015 году, и продолжает уменьшаться [1]. Это позволяет сделать прогноз, что уже к 2050 году объем энергии полученной из возобновляемых источников сравняется с количеством энергии получаемой из нефти и угля вместе взятых. На основании этого, можно сделать вывод, что в долгосрочной перспективе есть возможность остановить “глобальное потепление”. Работа выполнена как инициативная задача в рамках учебного курса по физике неупорядоченных полупроводников.

Литература

1. **Grantham J.** The Race of Our Lives Revisited. М.: GMO White Paper, 2018.
2. **Миличко В.А., Шалин А.С., Мухин И.С., Ковров А.Э., Красилин А.А., Виноградов А.В., Белов П., Симовский К.Р.** Солнечная фотовольтаика: современное состояние и тенденции развития // УФН. 2016. Т. 186 № 8.

В.Д. Свистунов студ.; рук. А.Г. Васьков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)
АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЕВОГО ВЕТРОГЕНЕРАТОРА

Современные тенденции к развитию распределенных энергетических систем предполагает использование возобновляемых источников энергии. Поэтому перспективным является развитие маломощных источников энергии. В данной работе был рассмотрен вопрос моделирования опытного образца ВЭУ (ветроэнергетическая установка), приспособленной для работы в условиях городской застройки.

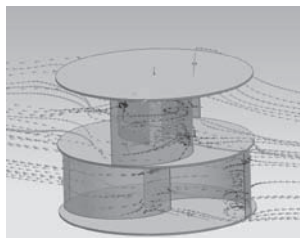


Рис. 1. Обтекание трехмерной модели ротора Савониуса потоками воздуха

Для оценки аэродинамических показателей ветрового колеса Савониуса, разрабатывалась модель ротора в программах Siemens NX и FloEFD. Они позволяют создать компьютерную модель ротора и произвести гидрогазодинамический расчет, который основан на методах дискретизации уравнений Навье-Стокса.

Решение аэродинамической задачи начинается с геометрического моделирования. С помощью инструментов Siemens NX, создавались отдельные элементы, которые впоследствии объединялись в единую конструкцию.

После создания трехмерной модели, необходимо симулировать обтекание полученной поверхности потоком воздуха. Это позволяет сделать программа FloEFD.

Результатом расчета является зависимость «Моментов сил давления» от скорости ветра. Путем сопоставления характеристик, полученных ранее на натурной модели [1] и рассчитанной в программе, была пересчитана мощность. По данной характеристике была рассчитана зависимость КПД ветроколеса от скорости ветра. Максимальное значение КПД составило около 19 % при максимальной скорости ветра на ветроустановке. Это значение близко к стандартному КПД для роторов Савониуса.

Используя данные методы, будут изучаться различные формы и геометрические размеры ротора для получения максимальной эффективности.

Литература

1. **Свистунов В.Д., Васьков А.Г.** ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЕВОГО ВЕТРОГЕНЕРАТОРА В КАЧЕСТВЕ МАЛОМОЩНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ // РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА: Двадцать четвертая Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов (15–16 марта 2018 г., Москва): Тез. докл. С.1080.

А.С. Лысова, студ.; рук. А.Г. Васьков, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ»)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ

Состояние вопроса: При проектировании солнечных электростанций одним из важнейших вопросов является оценка выработки электрической энергии. Этот показатель определяется прежде всего двумя факторами: уровнем инсоляции и КПД солнечных модулей. В процессе эксплуатации под действием изменения условий внешней среды, прежде всего – температуры окружающего воздуха, КПД солнечных модулей может значительно изменяться. Известно, что с увеличением температуры свыше номинальной (25°C) КПД солнечных модулей снижается [2]. Однако, для условий России ключевым воздействием являются низкие температуры. Существующие математические модели практически неприменимы к таким условиям.

Материалы и методы: Для проведения исследований о влиянии температуры на КПД солнечного модуля проводится математическое моделирование солнечных модулей, работающих на электроэнергетическую систему [4].

Выводы: В работе проанализировано влияние температуры солнечного модуля на его энергетические характеристики.

Литература

1. **Либра М., Пулек В.** Физические принципы преобразование фотогальванической энергии, Чешский агротехнический университет, Инженерный факультет, Прага;
2. **Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К., СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА:** Учебное пособие для вузов/Под ред. В.И.Виссарионова. –М.: Издательский дом МЭИ, 2008;
3. **Сенигов П.Н.,** Модель фотоэлектрической солнечной электростанции. Базовые эксперименты. Челябинск: Издательско-полиграфический центр «Учебная техника», 2009.-23с.;
4. **Хавард Б.В.,** «Моделирование фотоэлектрических модулей в Simulink/Matlab».

Д.И. Амиров, студ.; рук. Ю.Н. Зацаринная, к.т.н., доц. (КГЭУ, Казань)
**УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ СОЛНЕЧНОЙ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

В 2015 году благодаря принятию Парижского соглашения по климату, мировые державы объединили усилия по поддержке развития возобновляемых источников, поэтому сегодня ВИЭ оказываются в тренде мировой энергетики.

Россия последние несколько лет начала также оказывать поддержку, которая основана на компенсации затрат по договорам на продажу мощности на оптовом рынке электроэнергии. Администратором торговой системы отобраны заявки на установку 5,3 ГВт установленной мощности станций на возобновляемых источниках, 1,8 из которых составляют солнечные станции.

По сравнению с традиционными источниками энергии КПД солнечных станций не велик, хотя он и увеличивается с техническим прогрессом. При эксплуатации солнечных панелей он может стать еще меньше, если мы не будем принимать во внимание различные факторы, влияющие на производительность гелиоустановок. К условиям снижения работоспособности солнечных батарей относятся: инсоляция, прозрачность атмосферы, линейное снижение мощности со временем, угол наклона установки, угол высоты Солнца, влажность воздуха, температура воздуха, скорость ветра, природные и антропогенные загрязнения.

Нами был проведен эксперимент, в котором мы выяснили насколько изменится КПД гелиоустановок при загрязнении их поверхностей. В результате эксперимента были получены изменения вольт-амперной характеристики с учетом различных загрязняющих факторов.

В ходе опытов выявлено, что частицы грязи и пыли значительно снижают КПД установки, при загрязнении солью мощность панели падает на 30% по сравнению со значением, полученном в опыте без загрязнителя.

Наши экспериментальные данные показали, что Российская энергетика может не досчитаться около 0,5-1 ГВт энергии, что эквивалентно 1-2 млн. рублей в год.

Для решения данной проблемы необходимы продуктивные методы очистки поверхностей фоточеек, например метод очистки, имеющий название «Вентури», разработанный в Канаде, способ очистки с помощью интеллектуального израильского робота, а также использование электромеханического действия параллельных проводов на такие загрязнители, как снег и лед.

В.Ю. Бодиков, студ.; рук. Д.О. Дуников, к.ф.-м.н., доц. (НИУ «МЭИ)

ЭФФЕКТ МАСШТАБА ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ИЗОТЕРМ АБСОРБЦИИ/ДЕСОРБЦИИ ВОДОРОДА В МЕТАЛЛОГИДРИДНОМ РЕАКТОРЕ

Водород - это экологически чистый и высокоэффективный энергоноситель. Металлогидриды позволяют обратимо поглощать водород и безопасно хранить его в твердой фазе [1]. Предсказание поведения резервуара с металлогидридом может быть сложной задачей. Наиболее важной в практическом плане характеристикой гидридообразующих материалов является РСТ-диаграмма, характеризующая изотермы абсорбции и десорбции водорода.

Измерения РСТ-диаграммы на больших и малых образцах могут давать различающиеся результаты [2] из-за невозможности поддерживать однородность среды над слоем во время измерений, особенно в масштабе реактора.

В настоящем исследовании экспериментально получены изотермы абсорбции и десорбции водорода в металлогидридном реакторе РХО-3 [3], содержащем 5 кг интерметаллида $\text{LaNi}_{4.8}\text{Mn}_{0.3}\text{Fe}_{0.1}$ (емкость до 800 норм.л H_2). При изотермических измерениях равновесных давлений обнаружен эффект масштаба, приводящий к отклонению до 10% относительно изотерм, измеренных методом Сиверта на малых образцах. Показано, что термическая релаксация путем охлаждения и последующего нагрева засыпки поглощающего материала внутри реактора устраняет эффект.

Литература

1. **Тарасов Б.П., Лотоцкий М.В., Яртысь В.А.** Проблема хранения водорода и перспективы использования гидридов для аккумуляции водорода // Российский Химический Журнал. 2006. Т. L. № 6. — С. 34.
2. **Mohammadshahi S.S., Webb T.A., Gray E.M., Webb C.J.** Experimental and theoretical study of compositional inhomogeneities in LaNi_5D_x owing to temperature gradients and pressure hysteresis, investigated using spatially resolved in-situ neutron diffraction // International Journal of Hydrogen Energy. 2017. Т. 42. № 10. — С. 6793-6800.
3. **Blinov D.V., Borzenko V.I., Dunikov D.O., Romanov I.A.** Experimental investigations and a simple balance model of a metal hydride reactor // International Journal of Hydrogen Energy. 2014. Т. 39. № 33. — С. 19361-19368.

*А.Х.Мардыханов, соиск.; рук. В.Н.Шарифуллин, д.т.н., проф.
(КГЭУ, Казань)*

ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КАСКАДНЫХ ГЭС В УСЛОВИЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОТРЕБНОСТЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Обеспечение интересов всех водопользователей каскада водохранилищ представляет собой сложную и нетривиальную задачу [1]. С одной стороны существуют экологические интересы по снижению воздействия гидроэнергетического комплекса на окружающую среду, а также интересы водохозяйственных систем в лице Минсельхоза России, Росморречфлота, Росрыболовства и других ведомств. С другой стороны существуют интересы энергетического комплекса, которые зачастую противоречат первым. Нахождение компромиссных решений требует формирования экономических, научно-обоснованных моделей оптимизации, включающих полный перечень необходимых критериев.

Решению задач оптимизации режимов работы гидроэнергетического комплекса каскада ГЭС в научной среде традиционно уделялось достаточное внимание. В настоящее время некоторые из них потеряли актуальность в связи с появлением конкурентного оптового рынка электроэнергии и мощности. Другие не отвечают современным требованиям энергетических и водохозяйственных систем [2].

Разработан метод оптимизации среднесрочных режимов работы каскадных ГЭС на примере Волжско-Камского каскада гидроэлектростанций. Данная методика позволяет найти компромиссное решение между ключевыми водопользователями системы. На основе представленной методики разработан программный комплекс, функционирующий в сети интернет по адресу <http://www.hydrocascade.com>. Данное программное решение позволяет в короткие сроки проводить оптимизационные расчеты и выводить результаты расчетов в интуитивно-понятном графическом интерфейсе.

Литература

1. **Е.В. Цветков, Т.М.Алябышева, Л.Г. Парфенов** «Оптимальные режимы гидроэлектростанций в энергетических системах», Москва, Энергоатомиздат, 1984г.
2. **С. Е. Беднарук.** Использование номограмм динамических объемов в имитационной модели Волжско-Камского каскада водохранилищ. // 2017. - Вып. 1. - Ст. 3. - с. 24-30. - Журнал «Природообустройство»

СОДЕРЖАНИЕ

НАПРАВЛЕНИЕ — РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	3
Секция 1. Теоретические основы радиотехники	4
Секция 2. Формирование колебаний и сигналов	13
Секция 3. Устройства обработки радиосигналов	40
Секция 4. Антенные устройства и распространение радиоволн	56
Секция 5. Радиолокация и телевидение	73
Секция 6. Системы радиоавтоматики и радиоуправления	85
Секция 7. Сети и системы передачи информации	93
Секция 8. Квантовая электроника	97
Секция 9. Фотоника	110
Секция 10. Промышленная электроника	123
Секция 11. Электроника и нанoeлектроника	137
Секция 12. Биомедицинская электроника	150
НАПРАВЛЕНИЕ — ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	171
Секция 13. Математическое моделирование	172
Секция 14. Прикладная математика	183
Секция 15. Вычислительная техника и САПР	203
Секция 16. Вычислительные машины, сети и системы	211
Секция 17. Управление и информатика в технических системах	235
Секция 18. Вычислительно-измерительные системы	250
Секция 19. Прикладная информатика	261
Секция 20. Неразрушающий контроль и диагностика	292
НАПРАВЛЕНИЕ — ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ	317
Секция 21. Электромеханические преобразователи энергии	318
Секция 22. Физика и технология материалов и компонентов	330
Секция 23. Электротехнические и электромеханические системы и комплексы	346

Секция 24. Электрические и электронные аппараты	364
Секция 25. Электропривод и автоматика	383
Секция 26. Промышленные электротермические установки	413
Секция 27. Электрический транспорт	430
НАПРАВЛЕНИЕ — ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ	441
Секция 28. Инженерная экология	442
НАПРАВЛЕНИЕ — ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ	463
Секция 29. Экономика в энергетике и промышленности	464
Секция 30. Менеджмент в энергетике и промышленности	504
Секция 31. Информационные технологии и информационная безопасность	578
НАПРАВЛЕНИЕ — ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ.	601
Секция 32. Промышленная электроэнергетика	602
Секция 33. Энергетика теплотехнологии	606
Секция 34. Процессы и аппараты промтеплоэнергетики	634
Секция 35. Энергосбережение и промышленная экология	646
Секция 36. Промышленные теплоэнергетические системы	655
Секция 37. Электрохимическая и водородная энергетика	696
Секция 38. Экономика теплоэнергетики	705
НАПРАВЛЕНИЕ — ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОФИЗИКА.	715
Секция 39. Атомные электрические станции и установки	716
Секция 40. Проблемы термоядерной энергетики и плазменные технологии	740
Секция 41. Теплофизика	755
Секция 42. Техника и физика низких температур	792
Секция 43. Нанотехнологии.	806
НАПРАВЛЕНИЕ — ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА.	825
Секция 44. Котельные установки и охрана окружающей среды	826
Секция 45. Технология воды и топлива на ТЭС и АЭС	846

Секция 46. Схемы и режимы работы тепловых электрических станций.	882
Секция 47. Контроль, автоматизация и управление в энергетике	890
НАПРАВЛЕНИЕ — ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЕ	909
Секция 48. Энергетические установки и двигатели	910
Секция 49. Проблемы технологии, надежности и конструирования	941
Секция 50. Робототехнические и мехатронные системы	949
НАПРАВЛЕНИЕ — ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА	957
Секция 51. Электроэнергетические системы.	958
Секция 52. Электроснабжение.	967
Секция 53. История энергетики	972
Секция 54. Электрические станции.	980
Секция 55. Электрофизика и системы управления электроэнергетических объектов.	1006
НАПРАВЛЕНИЕ — ГИДРОЭНЕРГЕТИКА	1033
Секция 56. Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии	1034

Научное издание

**РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
И ЭНЕРГЕТИКА**

**Двадцать пятая Международная научно-техническая
конференция студентов и аспирантов**
Тезисы докладов

Подписано в печать 06.03.2019 г. Формат 60 x 90/16.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 66,25.
Тираж 150 экз. Заказ № 013-03/19.

Оригинал-макет и полиграфические работы —
ООО «Центр полиграфических услуг „Радуга“».
Тел.: (495) 252-7510.

<http://www.raduga-print.ru>; <http://www.radugaprint.ru>