

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ивановский государственный энергетический
университет имени В.И. Ленина»

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ

«ЭНЕРГИЯ-2020»

**ПЯТНАДЦАТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ
(СЕДЬМАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ)
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ**

г. Иваново, 7-10 апреля 2020 года

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ТОМ 2

ИВАНОВО

ИГЭУ

2020

УДК 621 + 62.7 + 53
ББК 31 + 22.3 + 20.1

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ // Пятнадцатая всероссийская (седьмая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2020»: Материалы конференции. В 6 т. Т. 2. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2020. – 108 с.

Тезисы докладов студентов, аспирантов и молодых учёных, помещённые в сборник материалов конференции, отражают основные направления научной деятельности области тепловой, атомной энергетики и высшего профессионального образования.

Сборник предназначен для студентов, аспирантов и преподавателей вузов, интересующихся вопросами тепловой, атомной энергетики и проблемами обеспечения безопасности в техносфере.

Тексты докладов представлены авторами в виде файлов, сверстаны и при необходимости сокращены. Авторская редакция сохранена, за исключением наиболее грубых ошибок оформления.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель оргкомитета: проректор по научной работе **ТЮТИКОВ В.В.**

Зам. председателя: начальник управления НИРС и ТМ **Макаров А.В.**

Члены научного комитета: декан инженерно-физического факультета **Кабанов О.А.**, заместитель декана инженерно-физического факультета по научной работе **Вольман М.А.**, зав. кафедрой «Атомные электростанции» **Горбунов В.А.**, зав. кафедрой «Энергетика теплотехнологий и газоснабжения» **Колибаба О.Б.**, зав. кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» **Пышненко Е.А.**, зав. кафедрой физики **Тихонов А.И.**

СЕКЦИЯ 9
АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Председатель –
к.т.н., доцент **Ильченко А.Г.**

Секретарь –
ст. преп. **Лоншаков Н.А.**

*А.О. Артемьева; Н.А. Селезнев
(АО «АТОМПРОЕКТ», г. Санкт-Петербург;
СПбПУ, г. Санкт-Петербург)*

МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АЭС

На начало 2020 г. АО «АТОМПРОЕКТ» занимается проектированием семи АЭС с реакторами ВВЭР в шести странах мира. Несмотря на то, что такие блоки называют серийными (относя их к проектам АЭС-2006 и другим), специфические требования заказчиков, особенности внешней среды: климата, геологии, источника водоснабжения, - приводят иногда к значительному отступлению от референтных решений. Внесение любых изменений в проект может повлиять на безопасность АЭС.

Для обеспечения полного соответствия между проектными требованиями, физической конфигурацией объекта (АЭС) и информацией при наличии множества изменений была внедрена система управления конфигурацией, включающая в себя управление изменениями [1].

Разработанная процедура и алгоритм оценки влияния технических решений (технических изменений) ведется по рекомендациям [2]. На текущий момент, существующий опыт взаимодействия внутри подразделений и накопленный объем знаний позволяют предложить некоторые улучшения процесса оценки.

Так, основные ошибки происходят при недооценке влияния на смежные специальности. Предлагается основывать процесс на работе с интерфейсами, что позволит четко отследить взаимосвязи систем, зданий и сооружений до необходимого уровня оценки.

При обосновании и успешном внедрении предложенных действий по модернизации можно будет говорить о существенном повышении качества проектирования и последующей эксплуатации АЭС, а также о соответствии стандартам и рекомендациям МАГАТЭ.

Библиографический список

- 1. Менеджмент качества. Руководящие указания по менеджменту конфигурации (ISO 10007:2017, IDT).** Москва. Стандартинформ 2019.
- 2. IAEA-TECDOC-1335 Configuration management in nuclear power plants.** IAEA, VIENNA, 2003.

*А.А. Баринов, асп.; И.А. Коновалов, студ.; М.А. Макаров, студ.;
рук. С.С. Бородин, к.т.н., доц.
(НГТУ, г. Н.Новгород)*

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ЯЭУ

Смешение неизотермических потоков является причиной различных негативных факторов, связанных с эксплуатацией ядерных установок с жидкими теплоносителями, в частности таких как термическая усталость конструкционных материалов ЯЭУ. Возникающая в ряде случаев стратификация турбулентного потока является сложным физическим явлением, от корректности моделирования которого зависит точность прогнозирования ресурса оборудования.

В работе проведена серия экспериментов по исследованию стратифицированного течения, образуемого смешением спутных турбулентных потоков. Эксперименты проводились при помощи кондуктометрических [1] и температурных датчиков, расположенных в нескольких сечениях исследуемой модели, что позволило получить пространственную картину распределения проводимостей и температур. Экспериментальная модель представляет собой канал квадратного сечения, в котором происходит смешение потоков с различными плотностями, обусловленными разницей температур, и различными удельными проводимостями, создаваемыми гидродинамически пассивной примесью. Режимные параметры выбраны близкими к реализованным в международном эксперименте GEMIX, для обеспечения сравнимости полученных результатов.

Экспериментальные данные включают в себя осредненные профили относительных концентраций, а также длительные реализации локальных температур и концентраций в точках измерения. Обработка экспериментальных данных позволила получить динамические оценки реализаций сигналов, позволяющие определить гидродинамические характеристики стратифицированного потока и пульсаций, создаваемых вблизи границы раздела.

Библиографический список

1. Prasser, H.M. A new electrode-mesh tomograph for gas-liquid flows. Flow Meas. Instrum. – 1998. – No. 9. – P. 111-119.

*А.А. Баринов, асп.; И.А. Коновалов, студ.; А.А. Чесноков, студ.;
рук. А.Е. Хробостов, к.т.н., доц.
(НГТУ, г. Н.Новгород)*

ВАЛИДАЦИЯ МОДЕЛЕЙ НЕРАВНОВЕСНОГО ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ В КОНТУРАХ ЯЭУ С ГАЗОВОЙ СИСТЕМОЙ КОМПЕНСАЦИИ ДАВЛЕНИЯ

Одной из наиболее важных задач современной атомной энергетики является обеспечение надежной и безопасной эксплуатации энергоблоков атомных станций (АС). Среди ключевых позиций в вопросах обеспечения безопасности находится рассмотрение аварийных режимов эксплуатации ЯЭУ, которые в некоторых случаях могут быть сопряжены с разгерметизацией 1 контура (аварии типа LOCA). Вызванная этим декомпрессия оказывает значительное влияние на стабильность работы главных циркуляционных насосов [1], а также на состояние всего контура в целом, что обусловлено выделением растворенных в теплоносителе газов. В связи с этим, расчетные и экспериментальные исследования, направленные на изучение гидродинамических процессов, происходящих при неравновесном газовыделении, являются актуальной задачей.

В рамках данной работы была создана демонстрационная экспериментальная установка, а также проведена серия экспериментальных исследований, направленных на валидацию расчетных моделей гидродинамических процессов, происходящих при неравновесном газовыделении. Исследуемый участок представляет собой колонну, заполненную водой, высотой 4 м, в которой растворялся углекислый газ посредством медленной инъекции в нижнюю часть колонны. Измерения проводились при помощи кондуктометрических датчиков (ввиду значительно различающихся проводимостей жидкой и газовой фаз), установленных на фиксированном расстоянии вдоль исследуемого участка, и визуального контроля уровня по пьезометрической трубке. Это позволило оценить время распространения двухфазной области между соседними датчиками.

Полученные данные планируется использовать для валидации моделей растворения-выделения неконденсирующихся газов, которые реализованы в различных системных кодах и CFD-программах.

Библиографический список

1. Besagni G. Two-phase bubble columns: a comprehensive review. *Chemengineering* – 2018. – No.2. – P. 5-79.

*А.А. Баринов, асп.; И.А. Коновалов, студ.; А.А. Чесноков, студ.;
рук. А.Е. Хробостов, к.т.н., доц.
(НГТУ, г. Н.Новгород)*

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ РАСХОДА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ЭЛЕМЕНТАХ ЯЭУ

На современном этапе развития атомной энергетики особое внимание уделяется повышению надежности, безопасности и экономичности эксплуатации энергоблоков АЭС. Эти требования диктуют необходимость разработок новых систем контроля наиболее важных параметров реакторной установки (РУ), к которым относятся, в том числе, петлевые расходы теплоносителя 1 контура и расходы через отдельные каналы активной зоны (а.з.).

Известен корреляционный метод измерения петлевых расходов РУ, в основе которого лежит анализ показаний детекторов гамма-излучения, обусловленного активацией изотопа O^{16} в нейтронном поле а.з. Данный метод был применен в прототипе системы корреляционного расхода теплоносителя (КОРТ), разработанной АО «ОКБМ Африкантов» совместно с ГНЦ РФ «ФЭИ» [1].

Проблема применения данного метода в лабораторных исследованиях теплогидравлики РУ, заключающаяся в отсутствии в моделируемом потоке необходимых радионуклидов, может быть решена применением кондуктометрических датчиков, которые могут быть использованы для измерения поканальных расходов через имитатор а.з. экспериментальной модели.

В работе представлены результаты серии экспериментов, описывающих применение корреляционного метода измерения расхода в модели корпуса водо-водяной РУ. Также представлены результаты использования сетчатых датчиков для измерения параметров потока в канале квадратного сечения, в котором происходит смешение двух спутных потоков с различной электрической проводимостью (используется в качестве трассера). Исследуются возможности расширения применения кондуктометрического метода для анализа структуры турбулентного потока.

Библиографический список

1. 9-я Международная научно-техническая конференция «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР». Сборник докладов. Подольск, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2015. – 410 с.

*А.А. Баринов, асп.; А.А. Чесноков, студ.; М.А. Макаров, студ.;
рук. М.А. Легчанов, к.т.н., доц.
(НГТУ, г. Н.Новгород)*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРА ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На сегодняшний день в качестве основного метода регулирования мощности в промышленности используется алгоритм ПИД-регулирования. Данный алгоритм используют более 90% всех промышленных регуляторов [1]. Таким образом, настройка ПИД в сложных системах для достижения достаточно малой ошибки регулирования является приоритетной задачей управления.

В настоящее время существует большое количество различных методов настройки ПИД-регуляторов, среди которых наиболее распространенными являются AMIGO, А.П. Копеловича и Зиглера-Никольса. Данные методы имеют различные показатели быстродействия и перерегулирования, что обуславливает необходимость индивидуального подхода при настройке регулятора конкретной системы. Таким образом, совершенствование уже имеющихся методов настройки регуляторов как для простых, так и для более сложных систем является актуальной задачей.

В работе представлена методика настройки ПИД-регулятора тепловой мощности двухконтурной установки, позволяющая учесть особенности регулируемой системы, с использованием ее математической модели, а также проведена серия натурных экспериментов, направленная на апробацию предложенного метода. Матрица экспериментальных режимов включает в себя как стационарные, так и динамические режимы работы системы, что позволяет оценить показатели быстродействия и перерегулирования мощности при изменении параметров согласно заданному тренду.

В результате анализа полученных данных было выявлено удовлетворительное соответствие заданных и полученных экспериментально трендов изменения параметров, что позволяет судить о работоспособности представленной методики.

Библиографический список

1. Денисенко В. ПИД-регуляторы: вопросы реализации // Современные технологии автоматизации. 2008. №1. С. 86–99.

*А.А. Березин, маг.; С.Р. Миронченков, студ.; А.А. Сатаев, асп.;
рук. А.В. Дунцев, к.т.н., доц.
(НГТУ им. П.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СМЕШЕНИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ШАРОВЫМ ТВЭЛ

Для освоения удаленных регионов России, следовательно, и для обеспечения их электроэнергией, необходимо развитие реакторных установок (РУ) малой и средней мощности. Главное требование для распространения РУ – безопасность. Один из путей повышения безопасности – это модернизация уже имеющихся РУ. С этой целью была предложена модификация РУ КЛТ-40С с использованием вместо цилиндрических – шаровых ТВЭЛ.

Основные преимущества шаровых ТВЭЛ: высокая температурная стойкость до 1600 °С, хорошее удержание продуктов деления, более высокое выгорание топлива, по сравнению с цилиндрическими ТВЭЛ. Данные преимущества позволяют начать эксперименты по обоснованию конкурентоспособности применения шаровых ТВЭЛ с точки зрения теплогидравлики и нейтронной физики.

С целью восполнить пробел эмпирических данных по тематике тепло- и массообмена, на базе модели РУ [1], проведены эксперименты по изучению процессов смешения неизотермических потоков применительно к шаровым ТВЭЛ.

Основными задачами эксперимента являлись: изучение влияния внешней динамической силы, плотности шаровой засыпки, ее толщины на смешение неизотермических потоков, с целью изучения поведения потока в переходных энергетических и аварийных режимах.

Параметры, по которым проводился анализ данных: длина смешения и скорость смешения неизотермических потоков.

Данные, полученные в ходе эксперимента, были сопоставлены с предыдущей работой [1], откуда можно заметить существенные различия в данных, что требует более детального изучения данного процесса.

Библиографический список

1. Оценка влияния внешней динамической силы на смешение неизотермических потоков в реакторной установке // Вестник ИГЭУ. – 2019. – №. 5. – С. 5-11. DOI: 10.17588/2072-2672.2019.5.005-011.

*И.И. Ботенов, студ.; рук. В.К. Семенов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ ПРИ ПОПАДАНИИ В РЕАКТОР ПУЗЫРЯ «ЧИСТОГО» КОНДЕНСАТА

В работе рассмотрена ситуация, когда из ГЦН в реактор идёт пузырь «чистого» конденсата в борированной воде. По ходу пузырь частично рассасывается за счет турбулентной диффузии. Войдя в реактор, пузырь перемешивается с борированной водой, снижая концентрацию бора и уменьшая эффективность кластеров 10-ой группы [1]. Реактивность нижней половины ядерного реактора возрастает, это выводит реактор из стационарного состояния. В результате происходит разгон реактора, и возникают ксеноновые колебания. Возникшая ситуация опасна тем, что может произойти локальный перегрев оболочек ТВЭЛов в месте прохода пузыря. Локальный перегрев активной зоны может возникнуть даже в том месте, где концентрация борной кислоты не изменилась. Это связано с ксеноновыми колебаниями [1], вызванными попаданием пузыря в активную зону. Актуальность работы состоит в том, что все вышеназванные аспекты могут привести к пусковой аварии, следовательно, к большим экономическим потерям. Работа реализована следующим образом. В среде COMSOL Multiphysics создана имитационная модель турбулентной диффузии пузыря «чистого» конденсата при его транспортировке по трубопроводу от ГЦН до ядерного реактора, а также при его движении по активной зоне. На основании имитационной модели определено значение концентрации борной кислоты в пузыре, в момент его попадания в активную зону, полученные результаты во многом сходятся с экспериментальными данными, полученными на стендах ОКБ «Гидропресс» [2]. Определена функциональная зависимость концентрации борной кислоты от времени нахождения пузыря в активной зоне. Полученная зависимость интегрирована в программу Mathcad, где реализована модель двухточечного реактора, предназначенная для исследования динамики связанных реакторов с учётом обмена нейтронными потоками и ксеноновых колебаний.

Библиографический список

1. **Семенов В.К.** Кинетика и регулирование ядерных реакторов: Учеб. пособие / ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина». – Иваново, 2009. – 144 с.
2. Анализ безопасности режима с пробкой чистого конденсата при пуске ГЦН. - 464-Пр-040 / ЗАО «НПО «Гидропресс». – Подольск, 2009. – 51 с.

*Е.С. Волков, студ.; рук. М.Ю. Зорин, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕНИНГРАДСКОЙ АЭС-2

В последнее время в России остро стоит вопрос дефицита генерирующих мощностей в регионах. В связи с чем, госкорпорация «Росэнергоатом» проводит политику повышения мощностей действующих АЭС, а также ввод новых блоков и станций.

Очевидно, что основой развития атомной энергетики в России являются и сохраняют свое положение на ближайшую перспективу двухконтурные АЭС с ВВЭР. Разработкой реакторных установок типа ВВЭР занимается ОКБ «ГИДРОПРЕСС» [1].

В проекте «ВВЭР-ТОИ» тепловая мощность реактора составила 3300МВт, в «АЭС-2006» 3200МВт. Возникает вопрос о модернизации парогенератора ПГВ-1000МКП от проекта «АЭС-2006» для работы с новой реакторной установкой, вместо разработки нового парогенератора.

Модернизация уже разработанного парогенератора позволяет избежать лишних капиталовложений в производство и разработку технических решений, а также позволит использовать уже имеющиеся производственные мощности.

Проект модернизации парогенератора заключается в увеличении площади теплообменной поверхности, а именно увеличения длины теплообменных трубок, влекущее за собой удлинение корпуса.

Научная новизна данной работы заключается в том, что реакторная установка ВВЭР-1300 является последней разработанной в линейке реакторов ВВЭР и находится в стадии проекта. Для данной реакторной установки еще нет определенного парогенератора, что требует создания парогенераторов нового поколения или реконструкции и модернизации существующих парогенераторов для работы с более мощным реактором.

Библиографический список

1. Лахов Д.А. Горизонтальный парогенератор. Проблемы повышения мощности и возможные пути решения. ОКБ «ГИДРОПРЕСС». 2012.

*О.Ю. Волкова, О.М. Солунина студ.; рук. В.К. Семенов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВАРИЙНОГО РАСХОЛАЖИВАНИЯ РЕАКТОРА В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ MATHCAD

Потенциально опасным режимом ВВЭР в части возможной кратковременной потери управления мощностью является аварийный режим с быстрым глубоким расхолаживанием первого контура. Подобных случаев в практике эксплуатации было несколько, и все они связаны с незакрытием предохранительных устройств от превышения давления во втором контуре, которые срабатывали при сбросе нагрузки турбогенератора. При этом отказов органов регулирования при срабатывании аварийной защиты не наблюдалось, режим расхолаживания длился десятки минут, что было достаточно для увеличения подкритики введением борной кислоты в первый контур.

Важно представлять и понимать, какие процессы происходят в реакторе при глубоком, относительно быстром расхолаживании. С этой целью была составлена модель данного процесса.

За основу была взята программа динамики реактора, состоящая из системы дифференциальных уравнений с учетом шести групп запаздывающих нейтронов. Вместе с этим задавался закон расхолаживания до 220°C и значение мощности ($107\%N_{\text{ном}}$), при достижении которого происходило введение в активную зону регулирующей группы СУЗ реактивностью порядка 5%, что привело к снижению параметров реактора. В результате снижения температуры топлива и теплоносителя в действие вступили температурные эффекты реактивности, имеющие отрицательную обратную связь. Освободившиеся температурные эффекты реактивности перекрыли эффективность регулирующей группы СУЗ, таким образом, реактор начал саморегулирование и ушел в самозапуск. В данном режиме опасность представляет повторный выход в критическое состояние. Для подавления самозапуска был задан закон введения борной кислоты в первый контур. В результате реактор уходит в подкритическое состояние без возможности повторного самозапуска.

Модель процесса глубокого расхолаживания может эффективно использоваться в учебных целях и способствовать усвоению материала на более высоком уровне. Программа позволяет наблюдать за изменением параметров реактора, характером этого изменения, а также прослеживать взаимосвязь параметров в режиме расхолаживания.

*Н.М. Григорьев, студент; рук. О.М. Митрохова, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ», г. Москва)*

КОНЦЕПЦИЯ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ДЛЯ АЭС НА СКД ПАРАМЕТРЫ ПАРА

В современном мире идет тенденция развития атомной энергетики, связанная с развитием легководных реакторов, позволяющих получать перегретый пар при сверхкритическом давлении, – сверхкритические реакторы с водяным охлаждением IV поколения (SCWR) [1]. В связи с этим необходима адаптация и развитие отечественного энергетического оборудования в том числе и паросиловой установки.

При переходе к сверхкритическим параметрам пара принципиально важным условием для надежной работы паротурбинной установки АЭС является поддержание допустимой степени влажности за последними ступенями цилиндра низкого давления, вследствие чего должен быть реализован промежуточный перегрев пара. В отличие от существующих блоков на сверхкритические параметры пара в разрабатываемой тепловой схеме реализуется промежуточный перегрев пара по традиционному для АЭС принципу, в результате чего температура промперегрева оказывается на уровне 480 °С, что влечет за собой необходимость выбора низкого разделительного давления.

В результате исследования и анализа разработанной тепловой схемы энергоблока АЭС с реактором на сверхкритические параметры спроектирована принципиально новая паровая турбина, состоящая из трех цилиндров: совмещенный цилиндр высокого и среднего давления с петлевым движением пара и два цилиндра низкого давления.

Проведенные тепловые расчеты и конструкторские проработки проточной части турбины показали, что в качестве прототипа можно использовать только первую группу ступеней части высокого давления турбины К-1200-23,5 ЛМЗ, остальная же проточная часть, в которой происходит расширение пара, принципиальным образом отличается от существующих аналогов. Разработка паровой турбины проводится с учетом современных достижений в паротурбостроении.

Предлагаемый облик компактной конструкции паровой турбины с двумя цилиндрами низкого давления высокой пропускной способности удалось реализовать за счет использования рабочей лопатки последней ступени высотой 1400 мм.

Библиографический список

1. **Т. Шуленберг, Дж. Старфлингер.** High performance Light Water Reactor. Design and Analyses // KIT Scientific Publishing 2012.

*А.Л. Гришин, студ.; рук. В.Ф. Степанов, ст. преп.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА УСТАНОВКИ ОСТЕКЛЫВАНИЯ КУБОВОГО ОСТАТКА, ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ НА АЭС С РЕАКТОРОМ ВВЭР

На каждой АЭС непрерывно образуются радиоактивные отходы, количество которых будет только увеличиваться. Уже сейчас на АЭС хранится около 150 тысяч кубометров концентрированных ЖРО.

Существующие методы переработки ЖРО обладают рядом существенных недостатков. Поэтому предлагается использовать метод остекловывания, при котором РАО смешиваются со вспомогательными веществами и превращаются в твердые стеклообразные материалы.

Данный метод обладает рядом преимуществ, а именно:

- Объем получаемого стекла меньше объема получаемого продукта при использовании других методов отверждения;
- В качестве стеклообразующих добавок используется песок различного состава, то есть дешевый материал;
- Само стекло взрыво- и пожаробезопасно и характеризуется низкой вымываемостью радионуклидов и высокой степенью включения отходов в стекло.

В ходе выполнения проекта были решены задачи:

- разработана принципиальная схема установки, которая реализует основные этапы переработки, а именно – получение из ЖРО кубового остатка методом упаривания, последующая сушка и добавление флюсующих материалов, получение порошкообразной смеси, варка стекла и помещение продукта в контейнеры;
- составлена аппаратная схема, в которой учитывается аппаратное оформление всех процессов остекловывания;
- произведен расчет материального баланса процесса остекловывания и расчет потребления энергоресурсов установки;
- выполнено обоснование экономической эффективности установки, подтверждающее её перспективность.

Библиографический список

1. Лопух, Д.Б. Современные направления и новые результаты исследований индукционной плавки в холодном тигле // Журнал «Индукционный нагрев». – 2008. – С. 27-37.
2. Сваровский, А.Я. Технология и оборудование обезвреживания жидких радиоактивных отходов / М.Н. Стриханов, А.Н. Жиганов: Учеб. пособие – М.: НИЯУ МИФИ, 2012.

*Э.С. Еришова, студ.; рук. А.Г. Ильченко, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ВЫБОР СХЕМЫ ПРОМПЕРЕГРЕВА ДЛЯ ТУРБИНЫ К-800-130 ЭНЕРГОБЛОКА С РЕАКТОРОМ БН-800

В работе рассмотрены варианты модернизация схемы промежуточного перегрева пара турбоустановки К-800-130 энергоблока № 4 Белоярской АЭС с реактором БН-800.

Турбоустановки К-800-130 имеет одноступенчатый паропаровой перегрев, греющий пар на который подается из 1-го отбора турбины ($p_{отб} = 6,18$ МПа). Температура пара после промежуточного перегрева равна $t_{пп} = 250^\circ\text{C}$, а слив конденсата греющего пара осуществляется в деаэратор ($p_d = 1,32$ МПа).

Было рассмотрены несколько схем одноступенчатого перегрева паром различных параметров (2-й и 3-й отборы турбины, испаритель парогенератора, острый пар с температурой 495°C). В последнем случае рассматривались также варианты с включением охладителя пара (после пароперегревателя и на питательной воде после ПВД-6). Варьировались также схемы слива конденсата греющего пара пароперегревателя. Несмотря на снижение температуры после промперегрева до $196,2^\circ\text{C}$ наибольшую экономичность среди вариантов с одноступенчатым промперегревом имеет схема с пароперегревателем, питающимся паром II отбора турбины ($p_{отб} = 2,15$ МПа) и сливом конденсата греющего пара за деаэратором ($p_{пв} = 1,32$ МПа). Электрическая мощность блока повышается на $3,8$ МВт, а КПД «брутто» по выработке электроэнергии увеличивается на $0,2\%$.

Во второй группе вариантов были рассмотрены различные схемы двухступенчатого перегрева. Наибольшую экономичность из рассмотренных имеет схема с двухступенчатым пароперегревателем, питающимся насыщенным паром ($p_{отб} = 13,7$ МПа), отбираемом после испарителя парогенератора, и паром первого отбора со сливом конденсата греющего пара за ПВД-6. Температура пара после промперегрева $t_{пп} = 318,8^\circ\text{C}$. Прирост электрической мощности равен $7,5$ МВт, а КПД «брутто» увеличивается на $0,38\%$.

Для этого варианта первая ступень промперегревателя не изменяется, а полная площадь поверхности нагрева второй ступени (на два корпуса сепаратора-пароперегревателя) составила 3542 м^2 . Увеличение капитальных затрат на установку двухступенчатого пароперегревателя оценивается величиной порядка $86,6$ млн. руб. Срок окупаемости предлагаемого варианта при этом составил около 2 лет.

*И.А. Комков, студ.; рук. М.Ю. Зорин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ КАЛИНИНСКОЙ АЭС В ЧАСТИ УТИЛИЗАЦИИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Полигон захоронения (глубокое хранилище) промстоков Калининской АЭС, был введён в эксплуатацию 27.06.2007. Пласт-коллектор залегает в интервале глубин 1285 – 1349 м. Суммарное количество удалённых солей составляет 455 тонн, трития $\sim 1,4 \cdot 10^{13}$ Бк (~ 380 Ки). Экспертизой рабочей документации было показано, что захоронение жидких РАО Калининской АЭС в глубоководный пласт-коллектор не противоречит действующему законодательству, в т.ч. Закону «О недрах». Экспертная оценка позволяет сделать вывод, что даже с учетом затрат на разработку и сертификацию специальных транспортных средств, затрат на транспортирование на полигоны глубинного захоронения и захоронение и т.п., такой подход может дать значительный экономический эффект в рамках Росатома. Особенно актуальным такой подход представляется для строящихся и проектируемых АЭС и выводимых из эксплуатации хранилищ ЖРО». Таким образом, захоронение жидких РАО через скважины рассматривается как приемлемая технология в будущем.

Реализация захоронения жидких РАО на Калининской АЭС позволит внедрить эту технологию и на других существующих и строящихся АЭС, районы размещения которых характеризуются благоприятными геологическими условиями для этих целей.

В результате анализа накопленных геологических знаний и практического опыта горной и нефтедобывающей промышленности дает основания утверждать о принципиальной возможности и технической осуществимости размещения (захоронения) жидких РАО в глубоких горизонтах земной коры, удовлетворяющих определенным требованиям.

Библиографический список

1. **Стерман Л. С.** Тепловые и атомные электростанции: Учебник для ВУЗов / Под ред. Л. С. Стермана. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
2. **И.И. Колтик.** Атомные электростанции и радиационная безопасность. Екатеринбург, 2001.
3. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций при проектировании, сооружении и эксплуатации (ОГБ-82).

*И.И. Константинов, студ.; рук. А.Г. Ильченко, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, г. Иваново)*

СИСТЕМЫ ТЕПЛОВОГО АККУМУЛИРОВАНИЯ (САТЭ) НА АЭС С ВВЭР

Привлечение АЭС к регулированию электрических нагрузок энергосистемы без изменения мощности реактора возможно при использовании системы теплового аккумулирования (САТЭ).

Наиболее проработанными являются варианты САТЭ в схемах АЭС с использованием аккумулирования горячей воды:

-пароводяные аккумуляторы (ПВА) переменного давления типа аккумуляторов Рутса;

- ПВА вытеснительного типа высокого и низкого давления;

- аккумуляторы питательной воды (АПВ) вытеснительного типа.

Сами аккумуляторы могут выполняться металлическими или из предварительно напряженного железобетона. В ночной период, когда потребление электроэнергии снижается, производится заряд аккумуляторов путем дополнительного отбора пара из турбоустановки АЭС в пиковый контур. При этом снижается также и электрическая мощность энергоблока АЭС. В часы утреннего и вечернего пиков энергопотребления производится разряд аккумуляторов с увеличением мощности турбины сверх номинальной. На энергоблоках с ВВЭР-1000 при использовании аккумуляторов горячей воды удастся получить дополнительную пиковую мощность в размере $100 \div 200$ МВт при стоимости пиковой электроэнергии меньшей, чем при использовании специализированных пиковых ГТУ. Кроме того, при использовании САТЭ существенно облегчаются условия прохождения ночных минимумов электрической нагрузки в энергосистеме.

Существенным недостатком САТЭ с ПВА и АПВ является высокая стоимость баков-аккумуляторов. Этого недостатка лишены САТЭ с использованием в качестве аккумулирующей среды высокотемпературного теплоносителя (ВТТ), позволяющего отказаться от использования дорогостоящих сосудов под давлением.

Однако высокая стоимость ВТТ и низкие коэффициенты теплопередачи в теплообменниках пикового контура и, как следствие, большие размеры их теплообменных поверхностей, не дают значительных преимуществ перед САТЭ с горячей водой с точки зрения стоимости вырабатываемой пиковой электроэнергии.

Отметим, что эффективность применения САТЭ существенно зависит от структуры генерирующих мощностей энергосистемы и стоимостных факторов.

*Е.А. Коротков, студ.; рук. А.Г. Ильченко, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРАЦИИ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ В ТЕПЛОВУЮ СХЕМУ АЭС С РЕАКТОРОМ ВВЭР-1200

Одно из направлений по повышению маневренности и эффективности энергоблоков АЭС является комбинирование энергоблоков АЭС и ГТУ. Известны схемы включения ГТУ с газо-водяными подогревателями и газопаровыми перегревателями, но их применение сопряжено со значительными трудностями, связанными с необходимостью компоновки газотурбинного оборудования и газопаровых (газоводяных) теплообменников в машинном зале станции.

Более рациональным представляется применение схем с котлами-утилизаторами (КУ). Рассмотрено несколько схем с газотурбинной установкой фирмы Сименс SGT5-8000H мощностью 400 МВт (эл.) и котлами-утилизаторами (КУ) двух давлений и одного давления.

В схеме с КУ двух давлений происходит замещение отборов пара на сепаратор-пароперегреватель (СПП) паром, генерируемым контурами высокого и низкого давления КУ. Параметры пара котла-утилизатора выбираются такими, чтобы температура пара после СПП турбоустановки не изменялась. В случае высокой температуры уходящих газов после КУ, может быть рекомендован подогрев воды до соответствующей температуры и ввод её перед деаэратором или ПГ.

В схеме с КУ одного давления осуществляется перегрев свежего пара перед турбиной К-1200-6,8/50 до температур $305 \div 320$ °С паром, генерируемом в КУ. Конденсат греющего пара из пароперегревателя сливается в тракт питательной воды перед парогенератором.

Эта схема, как показали расчеты, является наиболее экономичной: общая мощность ПГУ при температуре перегрева 305 °С достигает 1745 МВт (эл.), а ее электрический КПД – 40,1 %. При начальном перегреве до 317 °С и снижении температуры уходящих газов после котла-утилизатора до 90 °С общая мощность ПГУ достигает 1823 МВт (эл.), а ее КПД увеличивается до 41,9 %.

Однако, при реализации таких схем необходимо проведение комплекса работ по обоснованию возможности работы турбоустановки и электрического генератора в режимах повышенной мощности и с повышенной сверх номинального значения температурой пара перед частью высокого давления турбины.

В ряде случаев может оказаться необходимым применение специальной сателлитной турбины со своим генератором.

*В.М. Кузнецов, студ.; рук. С.Г. Андрианов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

СИСТЕМА УДЕРЖАНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ РАСПЛАВЛЕННОЙ АКТИВНОЙ ЗОНЫ

АЭС удовлетворяет требованиям безопасности, если соблюдаются следующие условия:

- радиационное воздействие АС на персонал, население и окружающую среду при нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации до проектных аварий включительно не приводит к превышению установленных доз облучения персонала и населения;

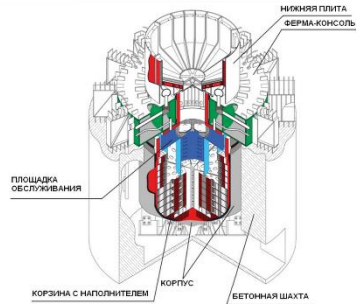
- радиационное воздействие АС на персонал, население и окружающую среду ограничивается при запроектных авариях;
- ограничивается вероятность возникновения на АС аварий.

Целью работы является рассмотрение новой системы безопасности для энергоблока с реактором проекта ВВЭР-ТОИ (системы удержания и охлаждения расплавленной активной зоны). Данная система предназначена для удержания и охлаждения жидких и твердых фрагментов разрушенной активной зоны при тяжелой запроектной аварии с расплавлением активной зоны.

Оборудование системы расположено под железобетонной оболочкой, а часть трубопроводов и арматуры – под герметичной двойной железобетонной оболочкой. Это защищает систему от внешних воздействий. В конструкции системы учтены внутренние происшествия: проплавление боковой поверхности корпуса реактора и истечение кориума, падение тепловыделяющей сборки.

Проект системы надежно выполняет функцию барьера удержания радиоактивных веществ при гипотетической аварии, связанной с разрушением активной зоны.

По данной системе создана компьютерно-обучающая программа в среде «Attestat», которая будет использоваться в учебном процессе кафедры АЭС.



Библиографический список

1. Курская АЭС-2. Предварительный отчет по обоснованию безопасности. Системы безопасности: Проект /ФГУП НИПКИИ «Атомэнергопроект», 2014.

*М.Ю. Левин, студ.; рук. С.Г. Андрианов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

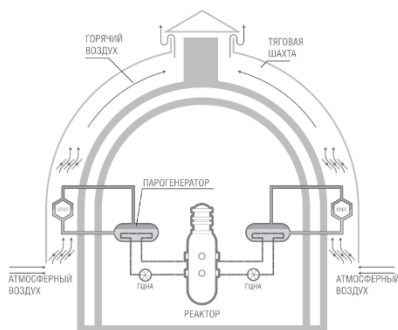
СИСТЕМА ПАССИВНОГО ОТВОДА ТЕПЛА

В проекте АЭС с реактором ВВЭР-ТОИ предусмотрена новая система безопасности- система пассивного отвода тепла (СПОТ), представляющая собой специальное средство для управления за проектными авариями.

СПОТ является защитной системой безопасности, основанной на пассивном принципе действия, обеспечивающей отвод остаточных тепловыделений от активной зоны реактора через второй контур.

Система состоит из 4х независимых контуров естественной циркуляции по одному на каждую циркуляционную петлю. Каждый контур включает в себя два теплообменных модуля, трубопроводы пароконденсатного тракта с арматурой, тракт воздухопроводов, подводящих и отводящих воздух, воздушные затворы и регулирующие устройства.

Охлаждение пара в теплообменниках системы происходит атмосферным воздухом. Воздух за счет естественной тяги проходит через защитные сетки и поступает в кольцевой коридор, расположенный вокруг здания оболочки. Затем по индивидуальным воздуховодам поступает на теплообменные модули. В теплообменниках охлаждающий воздух отбирает тепло от пара и поступает в тяговые участки воздухопроводов, которые заканчиваются общим коллектором-дефлектором. По данной системе создана компьютерно-обучающая программа в среде «Attestat», которая будет использоваться в учебном процессе кафедры АЭС.



Библиографический список

1. Курская АЭС-2. Предварительный отчет по обоснованию безопасности. Системы безопасности: Проект /ФГУП НИПКИИ «Атомэнергoproект», 2014.

*А.Ю. Локоть, студ.; рук. В.А. Горбунов, д.т.н., доц.;
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ВЕРИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ ТВЭЛА, РАЗРАБОТАННОЙ В COMSOL MULTIPHYSICS ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ

Пакет COMSOL Multiphysics позволяет решать системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов в одном, двух и трех измерениях. Для расчета температурного поля используется программный пакет Comsol Multiphysics. Трёхмерная модель ТВЭЛа - цилиндр высотой 3,73 метра и радиусом 3,8 мм. Коэффициент теплоотдачи α взят как функция от температуры теплоносителя в диапазоне от 10324 до 53190 Вт/(м²·К). Распределение внутренних источников теплоты косинусоидальное и зависит от местоположения ТВЭЛа в реакторе. В качестве упрощения циркониевая оболочка в твэле не учитывается. Данные численного эксперимента на модели ТВЭЛа сравниваются с экспериментальными данными, полученными на АЭС.

Постановка задачи:

- 1) Начальное температурное поле ТВЭЛа принималось равное температуре 592 К.
- 2) Граничное условие 2-го рода на торцах $q(r,z,t)=0$, где r принимает значения от 0 до 3,8 мм, а $z=-1,865$ м и $z=1,865$ м.
- 3) Граничное условие по окружности на боковой поверхности 3-го

рода $\lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) = \alpha (T_{\text{п}} - T_{\text{в}})$, где r принимает значения 3,8

мм, а z от -1,865 м до 1,865 м.

Для модели ТВЭЛа рассчитаны значения температуры и средний погретв теплоносителя при мощности реактора 70% и 90% от $N_{\text{ном}}$ для ячеек ТВС, с различным удалением от центра активной зоны. Численное решение по сравнению с данными эксперимента имеет погрешность 1-2%. Результаты, полученные с использованием модели, хорошо описывают задачу стационарной теплопроводности ТВЭЛа.

Библиографический список

1. В.А. Горбунов, Н.Б. Иванова, Н.А. Лоншаков, Я.В. Белов Разработка модели по определению температурного поля ТВЭЛа в двумерной постановке задачи. // Моделирование процессов в объектах ядерной энергетики. Ядерная энергетика. – 2019. - №2. – С. 174-184.

*И.Н. Макаров, студ.; А.А.Шустов, студ.;
рук. В.Г. Работаев, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, Иваново)*

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЭБ АЭС

Технологические системы энергетического блока (ЭБ) АЭС состоят из различного типа аппаратов, трубопроводов и нагнетательной установки, в которой может быть один или несколько соединенных параллельно или последовательно насосов.

Зачастую в процессе обучения студентов и при переподготовке персонала вычисление параметров по гидравлическому тракту системы сопровождается большими расчетами, занимающими большую часть выделенного на изучение темы времени. Поэтому было принято решение создать программу, которая позволит студентам более глубоко разобраться в принципах совместной работы нескольких насосов на единую сеть, сократив расчетную часть.

Напорные характеристики насосов и характеристика сети в математической модели компьютерного стенда представляются многочленом второго порядка. В результате совместного решения уравнений характеристик сети и группы насосов вычисляются параметры системы. С помощью такой программы можно создавать схемы соединений нескольких насосных агрегатов, что дает возможность моделировать большинство реальных технологических систем. Предусмотрен конструктор схем, позволяющих создавать и корректировать способы соединения насосов. Схему можно собирать из различных типов насосов, а также добавить запорную и регулируемую арматуру, различные теплообменные агрегаты, характеристики которых можно корректировать в соответствии с поставленной задачей [1].

В итоге программа способна решать следующие задачи: выполнять расчет трубопровода любой сложности, с последующим выводом результатов расчета в текстовом виде, а также выводить напорные характеристики построенной схемы с определением рабочей точки.

Программа предназначена для использования студентами при выполнении практических работ по курсу «Насосы АЭС».

Библиографический список

1. Дементьев, А.В. Разработка компьютерного лабораторного стенда для исследования работы насосов на общую сеть / А. В. Дементьев, И. Н. Макаров, А. А. Шустов ; научный руководитель В. Г. Работаев. —Иваново.—ISBN 978-5-00062-418-0.—2019.—Т. 2.—С. 14.

*Э.А. Мамедов, И.В. Алексеев, студ.; рук. Н.А. Лоншаков, ст. преп.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

КОНСТРУКТИВНОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА ПРИВОДНОЙ ТУРБИНЫ ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА

Одним из основных потребителей тепловой энергии, отпускаемой на собственные нужды АЭС, являются питательные турбонасосы (ПТН) [1]. Большинство ПТН отечественных АЭС разработаны в 70-х годах XX века, в соответствии с научно-технологическим уровнем развития своего времени. Актуальной задачей является анализ и совершенствование конструкции основных частей питательных турбонасосов с применением современных инструментов инженерного анализа для повышения эффективности использования энергии собственных нужд электростанции.

Целью данной работы является конструктивное совершенствование проточной части регулирующего клапана приводной паровой турбины ОК-12А, установленной на блоках АЭС с реактором типа ВВЭР-1000.

В качестве инструмента для анализа и совершенствования проточной части клапана использовался программный пакет инженерного анализа Ansys Fluent. В ходе работы построена трехмерная модель регулирующего клапана, проведен расчет течения пара в объеме клапана при различных режимах работы приводной турбины [2]. Определены участки проточной части, на которых наблюдаются наибольшие гидравлические потери. Предложены варианты оптимизации диффузорной части седла регулирующего клапана для более эффективного восстановления давления перед соплами первой ступени приводной турбины [3].

В результате конструктивного совершенствования выявлена возможность увеличения давления в выходной камере регулирующего клапана с 519 кПа до 657 кПа, что даст повышение мощности приводной турбины на 3,2% по сравнению с прототипом.

Библиографический список

1. **Шелегов А.С., Лескин С.Т., Слободчук В.И.** Насосное оборудование АЭС: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 348с.
2. **Дейч М.Е., Зарянкин А.Е.** Газодинамика диффузоров и выхлопных патрубков турбомашин. М.: Энергия, 1970.
3. **Зарянкин А.Е., Симонов Б.П.** Регулирующие и стопорно-регулирующие клапаны паровых турбин. М.: Издательство МЭИ, 2005.

*В.А. Мартьянов, студ.; рук. В.Г. Шошин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ПРОФИЛИРОВАНИЯ СТУПЕНЕЙ БОЛЬШОЙ ВЕРНОСТИ

В работе [1] модернизирована методика расчета методов профилирования ступеней большой верности, разработана программа профилирования на языке С# и проведены некоторые тестовые расчеты.

В настоящей работе проводится анализ влияния методов профилирования на надежность лопаточного аппарата и КПД ступеней большой верности. Анализ проведен на примере профилирования ступеней турбины К-1000-60/3000 ЛМЗ по программе и методике [1].

В результате анализа получены следующие результаты:

1) Наименьшие значения напряжений растяжения и суммарных напряжений достигаются в ступенях с различной верностью ($\theta=d/l$), РЛ которых спрофилированы следующими методами:

- $\theta=(8-11)$ – постоянный угол выхода потока,
- $\theta=(5,5-8)$ – постоянная циркуляция скорости,
- $\theta=(2,5-5,5)$ – постоянный удельный расход,
- $\theta<2,5$ – постоянная циркуляция скорости.

2) КПД ступени увеличивается по мере увеличения θ (по мере уменьшения верности). Однако верность не является единственной характеристикой, определяющей КПД ступени. Основным параметром, от которого зависит КПД ступени, является число Маха, определяющее величину потерь при обтекании решеток.

3) При уменьшении хорды РЛ от корня к периферии:

- Максимальные напряжения растяжения уменьшаются,
- Существует такой закон изменения хорды по высоте РЛ, при котором напряжения изгиба минимальны,
- Сечение РЛ, в котором напряжения изгиба достигают максимума, смещается в направлении периферии РЛ.

Библиографический список

1. **В.Г. Шошин** Анализ эффективности методов профилирования турбинных решеток большой верности / Н.Б. Иванова, Д.В. Еленко, С.А. Михайлов. Материалы международной (XX Всероссийской) научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электро-и теплотехнологии» (Бернардосовские чтения), 29–31 мая 2019г., II том Теплоэнергетика.

*А.Е. Молоскин, студ.; рук. И.Л. Парамонова, к.т.н., доц.
(СПбПУ Петра Великого, г. Санкт-Петербург)*
**ОЦЕНКА КРИТИЧНОСТИ КОРИУМА
ПРИ АВАРИИ В ВВЭР**

Особняком среди аварий на АЭС стоят запроектные аварии с расплавлением активной зоны и образованием кориума. Устройство локализации расплава (УЛР) должно удержать в себе кориум и обеспечить его подкритическое состояние.

Состояние топлива на момент аварии – свежее после перегрузки или готовое к перегрузке (отработавшее) может повлиять на возможную критичность кориума в УЛР, поскольку наблюдается его различный изотопный состав. Более консервативным считается случай свежего топлива. Чтобы убедиться в этом заключении или опровергнуть, его требуется рассмотрение обоих случаев. Рассмотрение ведется на примере проекта ЛАЭС-2.

На рисунке 1 представлены результаты моделирования кориума в УЛР на гетерогенной стадии для случаев как свежего, так и отработавшего топлива. Моделирование проведено в программе TDMCC [1].

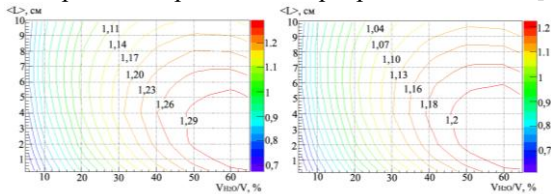


Рис.1. K_{eff} кориума в УЛР на гетерогенной стадии в зависимости от среднего размера пустот и их доли в общем объеме

В обоих случаях наблюдается достижение критического состояния в УЛР. Снижение K_{eff} достигается добавлением к жертвенным материалам оксида гадолиния. Расчеты показывают, что добавление Gd_2O_3 к жертвенным материалам в количестве 0,2% от их массы позволяет снизить K_{eff} до допустимой величины 0,9.

В ходе работы явно получено, что кориум из свежеперегруженного топлива реализует больший K_{eff} , а значит именно этот случай следует учитывать при анализе безопасности.

Библиографический список

1. Житник, А.К., Семенова, Т.В., Рослов, В.И., Огнев, С.П., Иванов, Н.В., Артемьева, Е.В. Программа TDMCC (Time-Dependent Monte Carlo Code). // Свидетельство о государственной регистрации №2010614412.: ФГУП «РФЯЦ ВНИИЭФ», 2010.

*М.А. Муртазов, асп.; рук. Р.З. Аминов, д.т.н., проф.
(СГТУ имени Гагарина Ю.А.)*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМБИНИРОВАНИЯ АЭС С СИСТЕМОЙ ТЕПЛООВОГО АККУМУЛИРОВАНИЯ

Для участия в первичном регулировании частоты в ЕЭС РФ текущая мощность энергоблоков АЭС с ВВЭР-1000 должна поддерживаться на уровне не более 98% номинального значения, что снижает КИУМ реакторов. Кроме того, в настоящее время в ЕЭС прослеживается дефицит маневренных мощностей при росте доли АЭС, что вызывает проблемы, связанные с эффективным прохождением неравномерностей суточной нагрузки, вследствие экономически и технически обоснованной необходимости загрузки АЭС с максимальным КИУМ.

Авторами разработан подход к решению этой проблемы на основе комбинирования с автономной системой теплового аккумулирования, включающей в себя аккумулятор фазового перехода, баки горячей воды и многофункциональную паротурбинную установку. Разработанный энергокомплекс позволит аккумулировать энергию в часы спада нагрузки в энергосистеме и использовать ее для генерации сверхноминальной электроэнергии на покрытие полупиковой зоны нагрузки в энергосистеме. Кроме того, наличие маломощной паротурбинной установки позволит обеспечить бесперебойное электроснабжение потребителей собственных нужд АЭС за счет использования энергии остаточного тепловыделения реакторов при полном обесточивании станции [1].

На основе предложенного энергокомплекса разработан способ обеспечения участия АЭС в первичном регулировании частоты тока в ЕЭС с постоянным КИУМ реакторных установок. На основании полученных результатов рассмотрена технико-экономическая эффективность разработанного энергокомплекса. Определен накопленный чистый дисконтированный доход в зависимости от тарифа на внепиковую электроэнергию для трех вариантов прогнозной динамики полупикового тарифа на электроэнергию с учетом экономии природного газа, снижения капвложений в системы безопасности АЭС и экономического эффекта от обеспечения участия АЭС в первичном регулировании. Как показало исследование, средневзвешенный срок окупаемости системы для заданных условий составил 12-18 лет.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 19-38-90083).

Библиографический список

1. Аминов Р.З., Юрин В.Е., Егоров А.Н. Комбинирование АЭС с многофункциональными энергетическими установками. – М.: Наука, 2018, 240 с.

*И.А. Родионов, студ.; М.Е. Попов, студ.; Н.В. Зубов, студ.;
рук. Н.Б. Иванова, к.ф.-м.н, доц.
(ИГЭУ, г.Иваново)*

АППРОКСИМАЦИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ НЕКОТОРЫХ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЯНОГО ПАРА

Применение для выполнения технических расчетов, использующих данные о теплофизических свойствах воды и водяного пара, компьютеров обусловило необходимость представления этих свойств в наиболее удобном для работы виде. В настоящее время распространены упрощенные уравнения, описывающие эти свойства, и таблицы, созданные по этим уравнениям [1]. Однако такой тип представления информации не удобен для автоматизированных расчетов. Существуют прикладные программы, как, например, WaterSteamPro, предлагающая функции для расчета свойств воды, водяного пара, газов и смесей газов, но они требуют покупки лицензии.

Целью нашей работы является поиск аналитических зависимостей, аппроксимирующих с необходимой степенью точности теплофизические свойства водяного пара. Полученные зависимости предполагается использовать в WEB-версии программно-методического комплекса учебного проектирования паровых турбин, создаваемого на кафедре «Атомные электрические станции» ИГЭУ.

Подбор аппроксимирующих функций производится методом наименьших квадратов. Сложность работы заключается в том, что большинство зависимостей двумерные и благодаря тому, что аппроксимация осуществляется только выше линии насыщения, матрица коэффициентов заполнена не вся, поэтому пришлось разбить исследуемую область на подобласти. В результате нами были получены кусочно-непрерывные степенные функции, аппроксимирующие следующие зависимости: давления насыщения от температуры $p_{нас} = f(t)$, температуры насыщения от давления $t_{нас} = f(p)$, удельного объема сухого пара от давления и температуры $v = f(p, t)$, удельной энтропии от давления и удельной энтальпии $s = f(p, h)$.

Библиографический список

1. Александров, А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: Справочник. Рек. Гос. Службой стандартных справочных данных. ГСССД Р-776-98 – М.: Изд-во МЭИ. 1999.- 168 с.

*А.А. Сатаев, асп.; Д.И. Новиков, А.А. Березин, студ.;
рук. В.В. Андреев, д.т.н., доц.
(НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СМЕШЕНИЯ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ ПРИ НЕСИММЕТРИЧНОМ ПОДВОДЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

С каждым годом возрастают требования, предъявляемые к проектируемым и перспективным ядерным энергетическим установкам (ЯЭУ).

Помимо высокой эффективности работы и растущими потребностями в мощности, обязательным условием их работы стало обеспечение безопасности при проектных авариях, а также она должна быть прогнозируемой при запроектных авариях.

Одним из факторов, оказывающих прямое влияние на эти параметры, являются процессы смешения, которые происходят в оборудовании ЯЭУ. Эти процессы оказывают существенное влияние на условия работы реакторной установки, ее нейтронную физику, гидравлику, безопасность, прочность. Наиболее критичными в этом плане выступают режимы работы связанные с изменением мощности, возможным отключением циркуляции одной из петель (несимметричный подвод) [1], вводом жидкого поглотителя, неравномерностью подогрева теплоносителя.

С целью исследования этих процессов, модель, созданная ранее и представленная одной циркуляционной петлей судовой ЯЭУ (прототип ЯЭУ КЛТ-40) [2] была модернизирована и дополнена патрубками для организации подвода теплоносителя четырьмя циркуляционными петлями. Было исследовано поведение неизотермических потоков при прохождении имитатора выемного блока активной зоны реактора.

Полученные результаты были графически интерпретированы и построено поле распределения температур при подаче в циркуляционные петли горячего и холодного теплоносителя (в соседних, а также противоположных петлях).

Библиографический список

1. Крапивцев В.Г., Солонин В.И. Модельные исследования межпетлевого перемешивания теплоносителя во внутриреакторном напорном тракте ВВЭР-1000 // Атомная энергия 2018.- Т. 125 , № 5 .- С. 271 – 277.
2. Сатаев А.А., Дунцев А.В., Воробьев Д.А., Красавин Н.А. Исследование процессов смешения неизотермических потоков на однопетлевой модели реакторной установки // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 3. – С. 96-101.

*А.Р. Сахунгарее.; рук. А.В. Морозов, д.т.н., доц.
(АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», г. Обнинск)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БОРНОЙ КИСЛОТЫ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К АВАРИЙНОМУ ОХЛАЖДЕНИЮ ВВЭР

В случае аварии с разрывом главного циркуляционного трубопровода пассивные системы безопасности обеспечивают длительное (до 72 ч) охлаждение реактора ВВЭР за счет подачи раствора борной кислоты из гидроёмкостей, а также поступления конденсата из парогенераторов [1]. Длительность аварийного процесса, кипение теплоносителя и малое содержание борной кислоты в паре могут привести к её кристаллизации. Помимо этого, в ходе аварии при возрастании кислотности среды увеличивается коррозионная активность раствора. Известно об образовании боратов железа и никеля при достаточно низких концентрациях борной кислоты [2], соответственно, при увеличении концентрации, риск образования данных соединений возрастает. Для расчета данных процессов важным является знание физико-химических свойств борной кислоты. Однако, известные данные охватывают только ограниченный диапазон параметров. В связи с этим возникла необходимость проведения дополнительных опытов.

В рамках данной работы были проведены эксперименты по определению рН водных растворов борной кислоты в диапазоне концентраций 5-100 г/кг. В результате была получена зависимость изменения рН водного раствора борной кислоты от температуры и концентрации. Полученные результаты могут быть использованы для уточнения результатов расчетов аварийных процессов в реакторной установке ВВЭР.

Материалы тезисов доклада подготовлены за счет гранта Российского научного фонда (проект №16-19-10649).

Библиографический список

1. Лукьянов А.А., Зайцев А.А., Морозов А.В., Попова Т.В., Ремизов О.В., Цыганок А.А., Калякин Д.С. Расчетно-экспериментальное исследование влияния неконденсирующихся газов на работу модели парогенератора ВВЭР в конденсационном режиме при запроектной аварии // Известия вузов. Ядерная энергетика. 2010. № 4. С. 172–182.
2. Изучение высокотемпературных боратов / Некрасов И.Я., Григорьев А.П., Григорьева Т.А., и др. М.: Наука, 1970.

*Н.М. Сидоров, И.А. Степанов, студ.; рук. О.В. Новикова, к.э.н., доц.
(СПбПУ Петра Великого, г. Санкт-Петербург)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС С ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ УРАН-ГРАФИТОВЫМИ РЕАКТОРАМИ

В скором будущем ресурс большинства энергоблоков с уран-графитовыми реакторами будет исчерпан. В связи с этим, перед ГК «Росатом» встанут масштабные задачи по выводу из эксплуатации данного типа реакторов. Обращение с облученным графитовым замедлителем является одной из наиболее важных задач, решение которой осложняется множеством факторов.

Следует учитывать, что проблема утилизации отработавшего реакторного графита актуальна и для большинства других ядерных держав. В первую очередь, помимо России, проблема обращения с данными материалами актуальна для Великобритании, США и Франции – суммарно в мире накоплено порядка 250 тыс. тонн графитовых отходов [1]. В данный момент в мире нет принятой программы по обращению с данными материалами.

Предлагается реализация способа обращения с облученным графитом с использованием метода сухой плазменной дезактивации [2] и применением контейнеров из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом для временного хранения, транспортировки и захоронения [3].

По результатам проведённых исследований при реализации данного решения ожидается снижение стоимости вывода из эксплуатации АЭС по сравнению с консервативным вариантом [4].

Библиографический список

1. **Туктаров М.А., Андреева Л.А., Роменков А.А.** Кондиционирование реакторного графита выводимых из эксплуатации уран-графитовых реакторов для целей захоронения / Российское Атомное Сообщество // [сайт] URL: <http://www.atomic-energy.ru/articles/2016/06/08/66585>;
2. **Петровская А.С., Кладков А.Ю., Суров С.В., Цыганов А.Б.** Инновационный метод плазменной дезактивации конструкций ядерных энергетических установок и облученного реакторного графита. ЯДЕРНО-РЕАКТОРНЫЕ КОНСТАНТЫ, №4, Обнинск, 2018.
3. **Александров Н.Н., Радченко М.В., Зубков А.А.** Современные состояния и перспективы применения высокопрочного чугуна с шаровидным графитом в атомной энергетике. ВАНТ. Серия: Обеспечение безопасности АЭС – Москва, № 30. 2011 – с. 105.
4. **Харитоновна Е.В., Сидоров Н.М., Новикова О.В., Ившин А.В.** Анализ экономико-экологических последствий выдержки облученного графита при выводе АЭС из эксплуатации. «Современные технологии и экономика энергетики»: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, СПб., 2019. – с. 100–104.

*Д.О. Фомичев, студ.; рук. В.Ф. Степанов, ст. преп.,
(ИГЭУ, г. Иваново)*

УМЕНЬШЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ В ПАРОГЕНЕРАТОРАХ АЭС С ВВЭР

Одним из основных недостатков горизонтальных парогенераторов является их значительная неравномерность тепловой нагрузки по площади зеркала испарения. По результатам исследований и расчетов, приведенных в [1], значения плотностей тепловых потоков в районе «горячего» коллектора теплоносителя многократно (в 3 и более раз) превышают тепловые нагрузки на «холодной» стороне ПГ. И-за этого возникают перекосы уровня, паросодержания и скоростей пара.

При существующих уровнях мощностей за счет ряда мероприятий ещё удаётся сгладить неравномерности паровой нагрузки и в итоге получать пар требуемой сухости. Однако рост мощности ПГ приведёт к росту влажности пара на выходе из парогенератора. Даже в ПГ для ВВЭР-ТОИ, где предусмотрен лишь один патрубков отвода пара.

Устранение значительной тепловой неравномерности в горизонтальных ПГ возможно за счет применения не вертикальных, а горизонтальных коллекторов теплоносителя [2]. При этом изменяется схема движения теплоносителя, при которой из горизонтального раздающего коллектора теплоноситель попадает в верхнюю половину трубного пучка и движется по трубам вдоль корпуса ПГ. У днищ ПГ трубы разворачиваются на 180°, и теплоноситель движется к собирающему коллектору, расположенному под горячим коллектором.

В итоге, в каждом поперечном сечении парогенератора теплообменный пучок наполнен верхними горячими и нижними холодными трубами. Чем сечение ближе к коллекторам, тем больше температура верхних труб пучка, но одновременно меньше температура нижних труб. Чем ближе к днищам ПГ, тем меньше температура верхних труб, но больше температура нижних труб. За счет данного мероприятия парообразование по длине парогенератора остается практически постоянным. В результате обеспечивается выравнивание тепловой нагрузки по сечению ПГ и скоростей пара.

Библиографический список

- 1. Трунов Н.Б.** Гидродинамические и теплохимические процессы в парогенераторах АЭС с ВВЭР / Н.Б. Трунов, С.А. Логвинов, Ю.Г. Драгунов. – М.: Энергоатомиздат, 2001.
- 2. Лахов, Д.А.** О предельной мощности горизонтального парогенератора / Д.А. Лахов, С.А. Харченко // Материалы научно-технической конференции молодых специалистов ОКБ «Гидропресс». – 2014.

*Д.В. Чигирева, студ.; рук. А.Г. Ильченко, к.т.н., доц.,
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ДАЛЬНЕЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ОТ АЭС

В работе рассмотрены вопросы теплоснабжения города Воронеж от энергоблоков № 6 и № 7 НВАЭС. Согласно разработанной схеме теплоснабжения городского округа Воронеж на перспективу до 2030 г., он нуждается в новых источниках тепла мощностью 960 МВт.

Так как НВАЭС находится в 45 км от границы городской застройки, то целесообразно осуществлять теплоснабжение г. Воронеж по так называемому «фиктивному» повышенному температурному графику в транзитной теплосети с размещением пиковых котельных (ПК) в городе. Это позволит значительно сократить расход сетевой воды в транзитной теплом магистрали и уменьшить затраты в ее сооружение и на перекачку сетевой воды. В узле смешения, расположенном в городе, обратная сетевая вода из системы теплоснабжения города подмешивается к прямой сетевой воде из транзитной магистрали, что обеспечивает работу городской системы теплоснабжения по температурному графику 150/70 °С. При этом пиковые источники тепла могут использоваться в качестве резерва при прекращении теплоснабжения от АЭС.

Теплофикационные установки 6-го и 7-го энергоблоков НВАЭС могут в сумме выдавать 600 МВт тепловой энергии в виде горячей воды при температурном графике 170/70 °С.

Были проведены расчеты по определению оптимальных значений расчетного коэффициента теплофикации $\alpha_{т.р.}$ и температурного графика в транзитной теплосети. При варьировании $\alpha_{т.р.}$ расчетная тепловая нагрузка отборов турбин К-1200/6,8-50 оставалась постоянной. При этом изменялась зона охвата теплоснабжением от АЭС $Q_{АЭС}$ (с учетом пиковых котельных) и фиктивные температуры сетевой воды. При изменении $\alpha_{т.р.}$ от 0,2 до 0,8 присоединенная к АЭС тепловая нагрузка изменялась от 3000 МВт до 750 МВт. При значении $Q_{АЭС} > 960$ МВт существующие районный котельные переводились в пиковый режим.

Как показали расчеты, минимум приведенных затрат в систему теплоснабжения достигается при значениях $\alpha_{т.р.} = 0,35$ и фиктивном температурном графике 355/70 °С (расчетная температура сетевой воды на выходе из ТФУ составляет 170 °С). Экономия приведенных затрат в систему теплоснабжения Воронежа при организации теплоснабжения от НВАЭС составляет около 500 млн. руб/год.

СЕКЦИЯ 10
ТЕПЛООБМЕН В ПРОМЫШЛЕННЫХ
УСТАНОВКАХ

Председатель –
к.т.н., доцент **Габитов Р.Н.**

Секретарь –
студ. **Гусева В.М.**

*А.В. Грошева, В.М. Гусева, студ.; рук. Р.Н. Габитов, к.т.н, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ ОТХОДОВ

В связи с постепенным истощением природных источников сырья для всех отраслей народного хозяйства особую актуальность имеет максимально возможное использование всех видов отходов, в том числе твердых коммунальных отходов (ТКО).

Одним из перспективных методов утилизации ТКО является термический метод с использованием слоевых установок. Чтобы оценить функционирование таких установок необходимо провести детальный анализ процессов теплообмена, протекающих в рабочем пространстве. Важной задачей является определение эффективных теплофизических свойств слоя ТКО, представляющего собой многокомпонентное пористое тело. В рамках работы проведено расчетно-экспериментальное теплофизическое исследование, основанное на обработке экспериментальных данных методом обратной задачи теплопроводности (ОЗТ).

В основу предлагаемого решения ОЗТ положен численно-аналитический метод дискретного удовлетворения краевых условий [1]. Была проведена серия экспериментов по нагреву образца слоя предварительно высушенных ТКО среднего морфологического состава. Порозность в экспериментах изменялась от 0,5 до 0,7. Полученные решением ОЗТ температурные зависимости эффективного коэффициента теплопроводности показаны на рис.1.

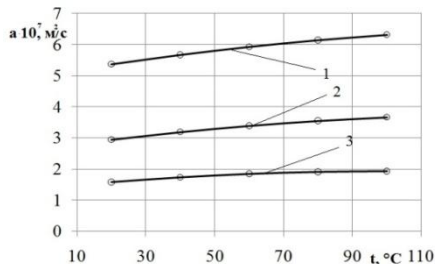


Рис.1 Зависимости эффективного коэффициента температуропроводности от температуры при различных значениях порозности слоя ТКО: 1 – 0,7; 2 – 0,62; 3 – 0,5

Библиографический список

1. Бровкин Л.А. Температурные поля тело при нагреве и плавлении в промышленных печах / Л.А.Бровкин. – Иваново: ИЭИ, 1973. – 364 с.

*Белов А.С., Петрунин К.И.; рук. О.И. Горинов, доцент, к.т.н.
(ИГЭУ, Иваново)*

МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАДИАЦИОННОЙ РЕКУПЕРАТИВНОЙ ТРУБЫ НАПРАВЛЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ (РРТНИ)

В конструктивном оформлении в верхней части радиационной рекуперативной трубы направленного излучения [Л1], на половину ее диаметра, расположен щелевой рекуператор для подогрева воздуха, идущего на горение. Такая конструкция позволяет лучистую тепловую энергию направить только в одну сторону вниз, на термообрабатываемую поверхность. Целью расчета радиационной рекуперативной трубы направленного излучения является определение расхода той части произведенного в термическом реакторе термогаза, которая идет на ее отопление. Поскольку радиационная труба является сжигательным устройством, то действительная температура горения термогаза на выходе из радиационной трубы учитывает потоки тепловой энергии через ее стенки, идущие на нагрев воздуха и на термообработку, которые определяются пирометрическим коэффициентом. Пирометрический коэффициент учитывает долю теряемой тепловой энергии, через стенки камеры горения и находится в пределах $\eta=0.6\div 0.8$, при этом меньшее его значение соответствует меньшим тепловым сопротивлением стенки. По значениям калориметрической и действительной температур горения определяется температура излучающей поверхности радиационной трубы. Расход термогаза на отопление термогенератора определяется его расходом на сжигание в радиационных трубах, который находится из уравнения баланса тепловой энергии. Баланс тепловой энергии радиационной трубы составляет из условия, что тепловая энергия, от сжигания в ней термогаза, расходуется на подогрев воздуха на термообработку и уходящие продукты горения. Лучистая тепловая энергия, идущая на термообработку, поступает от излучающей поверхности, образованной нижней частью радиационных труб, к активной поверхности наружного слоя термообрабатываемого материала. Активная поверхность определяется с учетом пещеристой структурой строения поверхностного слоя.

Библиографический список

1. **Патент РФ №2672280** «Мобильная установка для термической переработки твердых коммунальных отходов на полигоне

А.Р. Галимова, студ. (КГЭУ, г. Казань); Б.А. Мубаракишин, маг. (НХТИ, Нижнекамск), рук. И.Н. Мадыев, к.т.н. (КНИТУ, Казань)

УЛАВЛИВАНИЕ ДИСПЕРСНЫХ КАПЕЛЬ В КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВАХ

Авторами работы было разработано контактное устройства с капельно-пленочным взаимодействием газа и жидкости (рис. 1). Данное устройство включает блок насадки, который состоит из нескольких сливных стаканов 1, используемых для сбора и распределения воды по сечению устройства. На вертикальных перфорированных перегородках располагаются сливные стаканы 1. Следует отметить, что для уменьшения металлоемкости устройства в перегородках выполнены круглые отверстия. Круглые отверстия 4 в днищах сливных стаканов проделаны для слива жидкости на следующий уровень устройства.

В работе показано, что эффективность устройства зависит от среднерасходной скорости воздуха и размера улавливаемых капель воды [1].

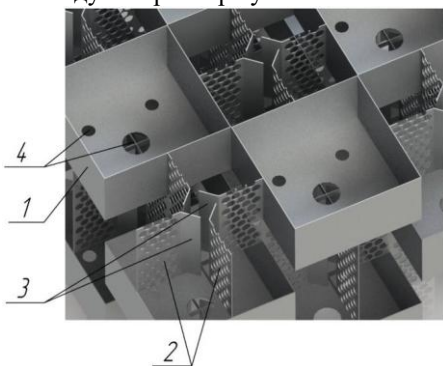


Рисунок 1 – Контактное устройство с капельно-пленочным взаимодействием газа и жидкости: 1 – сливной стакан; 2 – вертикальные перфорированные перегородки; 3 - отгибы на вертикальных перфорированных перегородках; 4 – сливные отверстия

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-417.2019.8.

Библиографический список

1. **Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Дмитриева О.С., Данг С.В., Салахова Э.И.** Улавливание мелкодисперсных твердых частиц из газовых потоков в прямоугольных сепараторах // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22, № 3 (134). С. 138-144.

*А.Н. Ильина, И.А. Тюрин, студ.; рук. Д.А. Долинин,
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МОДИФИЦИРОВАННОЙ КЕРАМИКИ

На сегодняшний день используется способ пиролизной утилизации твердых коммунальных отходов, позволяющий значительно уменьшить количество отходов, требующих захоронения, а также получить из них альтернативные виды энергоносителей.

В отличие от горения, пиролиз характеризуется протеканием эндотермических реакций (процессов, сопровождающихся поглощением теплоты). Пиролизу подвергаются сортированные и несортированные коммунальные отходы. Подвергаемые пиролизу отходы должны содержать 30÷60% органических материалов. При нагреве без доступа воздуха органическая часть отходов разлагается, образуя горючие газообразные продукты, жидкую фракцию и твердый углеродный остаток (ТУО) [1]. Преимущественное получение того или иного продукта определяется возможностями его использования.

Предложено использование ТУО как модифицирующей добавки к глине при производстве керамических изделий. Проведены экспериментальные исследования свойств модифицированной керамики. Определены прочность при сжатии, плотность, водопоглощение [2]. Эксперименты показали значительное увеличение прочности керамики, полученной с добавлением ТУО.

Для изучения структуры и химического состава полученных изделий были проведены исследования на электронном микроскопе и рентгенофазовый анализ.

Дальнейшие исследования будут направлены на определение зависимости свойств керамических изделий от количества вводимого модификатора (ТУО), а также подбор технологических режимов (давление прессования, температура сушки, скорость нагрева и температура обжига).

Библиографический список

1. **Горинов, О.И.** Разработка теплотехнологии переработки органосодержащего сырья термическими методами / О. И. Горинов, О. Б. Колибаба ; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУВО "Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина".—Иваново: Б.и., 2016.—116 с.
2. **Пикалов Е.С., Христофоров А.И.** Оценка влияния модификаторов на повышение свойств керамического кирпича // Журнал "Современные проблемы науки и образования" изд. РАЕ №3, 2009 г. С. 83 – 84.

А.А. Кобзева, студ.; рук. В.С. Глазов, к.т.н., доц.
(НИУ "МЭИ", г. Москва)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕНОСА В ЗАДАЧАХ СЛОЖНОГО ТЕПЛООБМЕНА

Задача исследования: разработать методику по определению коэффициента теплоотдачи α и степени черноты ϵ поверхности тела в условиях лучисто-конвективного теплообмена.

Известно, что способ решения задач сложного теплообмена зависит от соотношения различных механизмов переноса в общем процессе. Однако четкие критерии, которые позволили бы определить границы доминирования одного механизма над другим, отсутствуют. Поэтому, в среде Mathcad разработан функционал, который позволяет определить границы доминирования одного механизма переноса над другим, не прибегая к сложным математическим инструментам. На его основе разработаны методы по определению α и ϵ .

Терморadiационные характеристики тел обычно определяют при отсутствии влияния внешней среды (конвекции). Это можно добиться путем её удаления между телами, участвующими в лучистом теплообмене. Влияние конвекции на теплообмен можно исключить, если температура тела равна температуре внешней среды. Чтобы реализовать это условие, достаточно исследуемый объект поместить в термостатирующую камеру, а затем, выставить значение температуры поверхности тела в тепловизоре равной температуре, определяемой по термопаре. В результате в тепловизоре отобразится значение ϵ .

При известных терморadiационных характеристиках исследуемого объекта θ и температуры внешней среды T_∞ можно определить α из теплового баланса:

$$q_{\text{общ}} - q_{\text{луч}} = q_{\text{конв}} = \alpha(\theta - T_\infty)$$

Если же известны параметры объекта, его ориентация в пространстве, а также значения температуры среды и поверхности тела, то можно определить α в условиях свободной конвекции по известным эмпирическим формулам. Использование их в уравнении теплового баланса позволяет определить приведенную степень черноты $\epsilon_{\text{пр}}$ или ϵ поверхности исследуемого тела, если площадь поверхности, которая охватывает это тело много больше площади его поверхности.

Например, необходимо определить α с наружной поверхности паропровода, если он расположен горизонтально $L_{\text{тр}}=1$ м, $d_{\text{тр}}=0,5$ м, $T_{\text{тр}}=500\text{К}$, $\epsilon=0,9$ и $T_\infty=273,15$ К с 1 м его длины тепловые потери равные $Q_L=6,66$ кВт.

$$Q_L / (\pi d_{\text{тр}} L_{\text{тр}}) - q_{\text{изл}} - \alpha(T_{\text{тр}} - T_\infty) \text{ solve, } \alpha \rightarrow 5,9$$

*А.В. Колотвин, асп.; И. Д. Агафонов, студ.;
рук. Е.В. Креницкий, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ», г. Москва)*

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИЙ НА ТЕПЛООБМЕН В УСЛОВИЯХ ПАССИВНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

В условиях современных темпов развития технологий, все больше внимания требуется уделять оптимальным тепловым режимам работы сложных устройств. Теплообмен ребренной поверхности, в условиях свободной конвекции, нашел широкое применение во многих промышленных областях, таких как: микроэлектроника, электротехника, солнечная энергетика, и т.д. Одним из перспективных способов повышения теплоотдачи указанного процесса, является наложения механических колебаний [3].

В работе представлено численное моделирование, в соответствующем программном комплексе, влияния вынужденных механических колебаний на процесс теплопередачи от радиатора пассивного охлаждения в условиях свободной конвекции при различных параметрах вибраций.

В ходе эксперимента на горизонтально расположенный радиатор, который подвергался нагреву с гладкой стороны с различной мощностью теплового потока, подавались механические колебания, возбуждаемые электромагнитным динамиком.

В результате исследования определены зависимости коэффициента теплоотдачи от характеристик колебаний. Исходя из опыта предыдущих исследований [1], диапазон частот был выбран 2-50 Гц, с соответствующим диапазоном амплитуд, а также различной мощностью вибродинамика. Также проведен анализ математического описания, как более ранних работ [4], так и недавних исследований [2], в ходе которого выявлены расхождения, а, следовательно, дефицитность экспериментальных и теоретических данных.

Библиографический список

- 1. Zena K Kadhim** Influence of vibration on free convection heat transfer from sinusoidal surface//International journal of computer applications. – 2016. – Vol.136. – No.4 – (0975-8887)
- 2. Abdalhamid R.F.** Vertical forced vibration effect on natural convective performance of longitudinal fin heat sinks//Tikrit journal of engineering sciences. – 2013. – Vol.20. – No.2. – (60-69)
- 3. Majid H. M.** A study of influence of vertical vibration on heat transfer coefficient from horizontal cylinders//Journal of engineering. – 2008. – Vol.14
- 4. Richardson P.D.** Analysis of Lowe's measurements of effects of vibration on heat transfer// International journal of heat mass transfer. – 1974. – Vol. 17. – pp. 1118-1119.

*В.В. Крайнов, К.В. Суманеева, студ.; рук. О.Б. Колибаба, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КЕРАМИКИ

Одна из важнейших характеристик вещества – его способность поглощать тепло, а после отдавать. Теплоемкость – свойство материала поглощать определенное количество тепла при нагревании и выделять его при охлаждении. В современном мире востребованы вещества как с низкой теплоемкостью, которые используются в различных сферах (припой из олова), так и с высокой, например, строительные материалы, обладающие тепловой инерцией.

Для экспериментального определения удельной теплоемкости веществ известен ряд методов, таких как метод смешения, метод диатермической оболочки, метод адиабатического калориметра.

В задачу исследования входило экспериментальное определение удельной теплоемкости модифицированной керамики, полученной с использованием в качестве добавки твердого углеродистого остатка процесса пиролиза твердых коммунальных отходов.

В ходе эксперимента использовали калориметрический метод. Нагретую до 100°C воду залили в калориметр и его взвесили на весах. Затем в калориметр поместили предварительно взвешенный испытуемый образец из модифицированной керамики, имеющий температуру окружающей среды. Спустя некоторое время в калориметре установилось тепловое равновесие. При помощи термометра произвели измерения температуры воды. Удельную теплоемкость рассчитали по уравнению теплового баланса:

$$m_e \cdot c_e \cdot t_e' + m_o \cdot c_o \cdot t_o' = m_e \cdot c_e \cdot t'' + m_o \cdot c_o \cdot t''$$

где m_e , c_e , t_e' – масса, удельная теплоемкость и начальная температура воды; m_o , c_o , t_o' – масса, удельная теплоемкость и начальная температура детали; t'' – конечная температура.

Эксперимент повторили 4 раза, и результаты усреднили. Полученное таким образом значение удельной теплоемкости составило 1420 Дж/(кг·К).

Библиографический список

1. Осипова В.А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена. Учебное пособие - М.: Энергия, 1979. - 320с.

*А.А. Малов, студ.; И.А. Рузанов, студ.; рук. Д.А. Долинин
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КЕРАМИКИ

Проблема переработки твердых коммунальных отходов (ТКО) и полезного использования ее продуктов является одним из приоритетных направлений в мире. Это объясняется тем, что наличие постоянной экологической опасности из-за размещения больших объемов отходов на свалках приводит к необходимости их промышленной переработки [1].

При переработке ТКО посредством пиролиза не только уменьшается объём отходов, но и образуется твердый остаток, который возможно использовать в промышленности. Предложено использование твердого углеродного остатка в качестве модифицирующей добавки к глине при производстве керамических изделий. Проведено экспериментальное исследование теплофизических свойств полученного материала.

В твердых телах перенос теплоты происходит только посредством теплопроводности [2]. Поэтому в качестве исследуемого образца в работе использовано тело цилиндрической формы, полученное в процессе соединения керамического материала и пиролизного остатка из смеси ТКО.

Для экспериментального определения коэффициента теплопроводности исследуемого материала был выбран метод цилиндрического слоя. Зная геометрические характеристики образца, тепловой поток, проходящий через цилиндрическую стенку и температуры на внешней и внутренней границе образца, можно определить коэффициент теплопроводности по формуле:

$$\lambda = \frac{Q \cdot \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot l \cdot (T_{w1} - T_{w2})} = \frac{Q \cdot \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot l \cdot (T_{w1} - T_{w2})}.$$

Библиографический список

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/gosdoklad-eco-2015>.
2. Михеев М.А., Михеева И.М., Основы теплопередачи. – М: «Энергия», 1973. 320 с.

*Н.Д. Медведева, студ.; В.А.Кожевников, асп.;
рук. А.Б. Гаряев, д.т.н., проф.
(НИУ «МЭИ», г.Москва)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕКУПЕРАЦИИ ПАРОВ НЕФТИ ПУТЕМ ХОЛОДНОГО ОРОШЕНИЯ

Целью исследования является разработка экспериментального стенда установки рекуперации парогазовоздушных соединений, образующихся в емкостях при хранении и перевалке нефти, предназначенная для сбора и возврата в емкости паров нефтепродуктов. Может применяться на АЗС, наливных эстакадах, морских терминалах, а также как элемент обвязки резервуаров. Использование данного оборудования предусматривает соблюдение экологических требований к данным объектам и получение экономической выгоды [1].

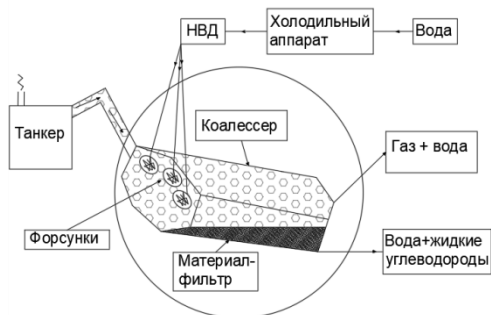


Рисунок 1. Структурная схема установки сбора и рекуперации паров нефтепродуктов.

Газовоздушная смесь, вытесняемая из танкера при наливе нефти, поступает из всех емкостей в специальную трубу для отвода газовой смеси (манифольд), которая отводит смесь в фильтр-коалессер. Коалессер предназначен для очистки газообразных и жидких сред от механических и жидких примесей. Данная смесь орошается холодными мелкодисперсными каплями воды. Это происходит благодаря способности материала-фильтра объединять жидкие аэрозольные частички мельчайшего диаметра в более крупные и затем отводить их в дренажную систему. В процессе орошения часть парогазовоздушной смеси конденсируется и смешивается с каплями холодной воды, затем проходит материал-фильтр и отстой, что позволяет нам отделить углеводороды от воды и реализовать их на повторное хранение.

Библиографический список

1. Данилов В.Ф., Шурыгин В.Ю. К вопросу о решении проблемы потерь нефтепродуктов от испарения // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 3.

*П.Д. Морозова, студ.; рук. О.И. Горинов, доцент, к.т.н.
(ИГЭУ, Иваново)*

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ВЫХОДА ГАЗА В ПРОЦЕССАХ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ПИРОЛИЗА ТВЕРДЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Одним из способов уничтожения твёрдых органических отходов, в том числе и коммунальных (ТКО), является их термическая переработка процессами пиролиза и газификации [1]. Процесс пиролиза - это распад твёрдого органического углеводородного соединения и синтез горючих газов посредством нагрева при отсутствии или недостатке кислорода. Структура твёрдых органических отходов представляет собой слой с различной степенью порозности, пустоты этого слоя заполнены воздухом. Процесс пиролиза органического соединения сложного морфологического состава, к которому, в частности, относятся ТКО, начинается при 200 °С и в большей степени заканчивается при 500 °С. Размер зоны пиролиза ограничивается температурами начала и конца процесса. Влага слоя в зоне подсушки испаряется, после чего вместе с кислородом по пустотам через зону пиролиза поступает в зону газификации. Поскольку температура в зоне пиролиза ниже температуры воспламенения, то горения (окисления) пиролизного газа и органического соединения в ней происходить не будет. Зона газификации состоит в основном из твёрдого углеродистого остатка, который газифицируется при температурах выше 900 °С. При этих условиях кислород в первую очередь окисляет легко воспламеняющиеся горючие составляющие в зоне газификации. Нами разработана методика расчёта выхода термогаза с учётом частичного горения пиролизного газа термоперерабатываемого слоя твёрдых органических отходов.

Библиографический список

1. Патент РФ №2525558 «Способ порционной термической переработки несортированной твердых бытовых отходов на полигоне»

*Д.А. Назаров, студ.; рук. Н.П. Гусенкова, к.т.н., доц.,
(ИГЭУ, г. Иваново)*

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЕЧИ

При эксплуатации в большинстве работающих топливных печей с уходящими газами теряется более 50 % потенциала тепловой энергии, так как рабочая температура процесса доходит до 1300 °С и более. Поэтому потенциал энергосбережения при высокотемпературном горении может быть очень большой, а использование этого потенциала позволит уменьшить издержки промышленных предприятий.

Лучшим методом повышения термического КПД печей и экономии топлива является возврат в печь части тепла, содержащегося в отходящих дымовых газах за счёт подогрева воздуха, используемого для горения топлива, а также подогревом газа[1]. К устройствам для нагрева воздуха относятся: регенератор, рекуператор, регенеративная и рекуперативная горелка. Рекуператор позволяет обеспечить экономию около 30% энергии в отличие от системы, использующей холодный воздух горения, но не способен предоставить условия для подогрева воздуха до температуры, превышающей 550-600 °С. Рекуперативные горелки же могут использоваться при более высокой рабочей температуре технологического процесса (700-1100 °С). Они позволяют уменьшить затраты на строительство печи, сократить удельный расход природного газа, снизить текущие расходы при эксплуатации печи. Регенеративные горелки устанавливаются парами. Они позволяют утилизировать 85-90% тепла отходящих газов печи. Данные горелки могут применяться в диапазоне температур от 800 до 1500 °С. При этом использование топлива может быть уменьшено на величину до 60%.

Также не менее эффективным средством экономии топлива в печах является уменьшение потери тепла через стенки печи посредством их изоляции[2]. Этим достигается наиболее высокий и устойчивый температурный режим в печи и, кроме того, защищается от чрезмерного нагрева среда, окружающая печь. Всё это приводит к повышению эффективности работы печи.

Библиографический список

1. **Тевеньков Б.П.** Рекуператоры для промышленных печей - 1975.
2. **Розенгарт Ю.И., Потапов Б.Б., Ольшанский В.М., Бородулин А.В.** Теплообмен и тепловые режимы в промышленных печах – 1986.

*Д.И. Новиков, студ.; К.А. Обидина, студ.;
рук. А.В. Дунцев к.т.н., доц.
(НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород)*

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРЁННОГО ГАЗА НА ТЕПЛООБМЕН В ТРАНСПОРТНОЙ ЯЭУ

Перспективные транспортные ядерные энергетические установки (ЯЭУ) требуют максимальной экономической эффективности, при высоких показателях надёжности, ресурса и безопасности. В работе [1] рассмотрены и выявлены основные проблемы современных ледокольных ЯЭУ. В рамках нашего исследования, нас интересует проблема насыщения теплоносителя газом из газовой системы компенсации давления. В работе [2] приведены и обобщены данные по влиянию растворенного газа на критический тепловой поток.

В нашей работе проводятся исследования влияния газовой выделения в ядре потока теплоносителя и газовой выделения на теплообменных поверхностях на процессы теплообмена применительно к транспортной ЯЭУ. Специфика транспортной ЯЭУ заключается в изменении ориентации в пространстве самой энергетической установки, что может отрицательно сказаться на надёжности работы отдельных её элементов.

На текущем этапе работы выполнены исследования по влиянию газовой выделения в ядре потока на теплообменные процессы. Эксперименты проводились на стенде, который представляется собой коаксиальные каналы и по сути своей является кожухотрубным теплообменником. Универсальность стенда заключается в свободном его ориентировании в пространстве. Газовыделение в ядре потока моделировалось использованием сужающегося сопла или эжектора.

В условиях ограниченности отсеков судовой ЯЭУ, наращивание мощности невозможно за счёт увеличения площади теплообменной поверхности. Оптимальный вариант – использование естественных физических процессов. В ходе обработки экспериментальных данных, были выявлены условия, при которых достигается интенсификация теплообмена.

Библиографический список

1. Зверев Д.Л., Пахомов А.Н., Полуничев В.И., Вешняков К.Б., Кабин С.В. Реакторная установка нового поколения РИТМ-200 для перспективного атомного ледокола // Атомная энергия. — 2012. — Т. 113, вып. 6. — С. 323-328.
2. Н. В. Васильев, Ю. А. Зейгарник, К. А. Ходаков, В. М. Федуленко. О природе «газового» кризиса кипения // ТВТ. — 2015. — Т. 53, вып. 6. — С. 881-884.

*И.А. Ростовцева, студ.; рук. Н.П. Краснова, ст. преподаватель
(СамГТУ, г. Самара)*

ПОРИСТЫЕ ПОВЕРХНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА

Все более популярной становится задача интенсификации теплообмена, включающая в себя следующие варианты решения: уменьшение габаритов аппарата; увеличение поверхности теплообмена; снижение затрат на топливо; снижение металлоемкости установки

Но наиболее эффективным решением является использование в теплообменных устройствах пористых металлов. Так как такое устройство будет иметь сравнительно небольшие габариты.

Высокая интенсификация теплообмена в пористых металлах достигается с помощью развитой поверхности теплообмена: теплоноситель протекает сквозь пронизываемую матрицу пористого металла. Но при этом возникают большие гидравлические потери, что мешает широкому применению пористых металлов в регенеративных теплообменниках. Для уменьшения потерь снижают скорость теплоносителя, что приводит к увеличению массы и габаритов устройства и к уменьшению интенсификации теплообмена. Поэтому в последнее время уделяют большое внимание структурированным пористым материалам. Они могут снизить объем и вес теплообменника, так как для них не требуются отдельные опорные конструкции.

Использование пористых поверхностей теплообмена актуально при возникновении кипения [1]. Они позволяют интенсифицировать теплообмен при кипении, а, именно, обеспечить равномерное распределение температур. К тому же при пузырьковом кипении увеличивается коэффициент теплоотдачи в 5-10 раз и при давлениях ниже атмосферного стабилизируется теплообмен. К тому же нанесение на поверхность нагрева пористых металлов позволяет значительно снизить перегрев и тепловой поток начала кипения и стабилизировать начало кипения.

Но при этом пористые металлы только начинают использовать в процессах теплообмена и видится перспектива их применения в промышленной теплоэнергетике.

Библиографический список

1. С. А. Ковалев, С. Л. Соловьев, "Модель теплообмена при кипении жидкости на пористой поверхности", ТВТ, 22:6 (1984).

Смирнова В.С., студ.; рук. Е.В. Гусев, к.т.н.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА В ПРОЦЕССЕ СУШКИ

В процессе конвективной сушки влажных капиллярно-пористых материалов происходит уплотнение внутривязной структуры за счет ее обезвоживания и усадки. Движение влаги определяется формами связи влаги с материалом, сопротивлением его пористой структуры [1].

Изменение теплофизических свойств (плотности, теплоемкости, теплопроводности) можно рассчитать по правилу аддитивности в зависимости от пористости влажного материала ψ_v :

$$\rho_m = \rho_o (1 - \psi_v) + \rho_j \psi_v; \quad (1)$$

$$c_m = c_o (1 - \psi_v) + (c_j + c_n) \psi_v; \quad (2)$$

$$\lambda_m = \lambda_o (1 - \psi_v) + \lambda_j \psi_v, \quad (3)$$

где $\rho_j, c_j, \lambda_j, \rho_o, c_o, \lambda_o$ – плотность, теплоемкость, теплопроводность жидкости и сухого тела; $c_n = dh_n/dt = -R_n \ln(1/\varphi)$ – изменение равновесной энтальпии парогазовой смеси, рассчитанное по изотермам десорбции $\varphi = f(U_p, t)$ тела; R_n – газовая постоянная пара; ψ_v – пористость определяется как отношение объема пор $V_{пор}$ к объему влажного тела $V_{мат}$:

$$\psi_v = \frac{V_{пор}}{V_{мат}} = \frac{V_j}{(V_j + V_o)} = \frac{\rho_o \bar{U}}{(\rho_j + \rho_o \bar{U})}, \quad (4)$$

где $V_j/V_o = \rho_o \bar{U}/\rho_j$ – отношение объема пор, заполненных влагой V_j к объему сухого тела V_o ; \bar{U} – влагосодержание материала.

Исследования показали, что влияние величины $c_n = f(U_p, \varphi)$ на снижение значения удельной теплоемкости сказывается в области адсорбционно-связанной влаги, определяемой из кривой скорости сушки материала.

Проведенные сравнения теплофизических характеристик для ряда капиллярно-пористых тел (целлюлозная фибра, картон, шпон) показали возможность применения данного подхода.

Библиографический список

1. Чураев Н.В. Физикохимия процессов массопереноса в пористых телах. - М.: Химия, 1990. 272с.

В.А. Ставровская, студ.; рук. В.Ю. Пронин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

УТОЧНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ ВЕТРОКОЛЕСА

Проведенные нами опыты по экспериментальному определению коэффициента мощности ветроколеса C_N , для условий свободного воздушного потока, показали отклонение опытной величины от теоретической. Эксперимент был проведен при коэффициентах торможения потока e , соответствующих диапазону изменения C_N от 0 до максимального значения C_N^{\max} . График приведен на рисунке 1.

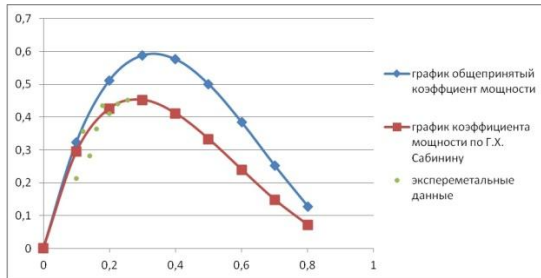


Рис.1

Экспериментальные данные, итак же, как в исследовании несвободного потока [1], лучше согласуются с данными Г.Х. Сабинина при учете поправки на соотношение площадей возмущенного и невозмущенного воздушных потоков [2].

Можно сделать вывод, что теория Г.Х. Сабинина лучше согласуется с реальными данными, и при учете поправок значение коэффициента мощности принимает вид

$$C_N = 4e \frac{(1 - e)^2}{(1 + e)}$$

Максимальная величина этого коэффициента равна $C_N^{\max}=0,454$.

Библиографический список

1. Ставровская В.А. Экспериментальные исследования ветроколеса (Материалы четырнадцатой всероссийской (международной) научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых). Иваново, ИГЭУ, 2019.
2. Пронин В.Ю. КПД ветроколеса. МНТК «Состояние и перспективы развития электротехнологии» (XIV Бенардосовские чтения), Том II. Иваново, ИГЭУ, 2007, С.63

*Д.А. Федоров, студ.; рук. А.И. Сокольский д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОМАССООБМЕНА ПРИ ИСПАРИТЕЛЬНОМ ОХЛАЖДЕНИИ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ВОДЫ ТЭС

Производство электрической энергии на тепловых и атомных электростанциях связано с необходимостью в больших количествах отводимой тепловой энергии, для чего возводятся башенные градирни, брызгальные бассейны, водохранилища-охладители.

Общий расход воды, подлежащей охлаждению для тепловой электростанции, зависит от типа установленных турбин и составляет в среднем $200 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1000 кВт мощности, а для атомных электростанций в $1,5 - 1,7$ раза больше [1].

Температура охлажденной воды определяет вакуум в конденсаторах турбин и тем самым количество выработанной турбинами электроэнергии, т.е. экономические показатели станции в целом [2].

Увеличение количества отводимой в процессе охлаждения теплоты может быть достигнуто за счет увеличения свободной поверхности охлаждаемой воды [3].

Предлагается использовать центробежные сопла тангенциального типа. Благодаря тангенциальному подводу жидкости обеспечивается её максимальное дробление за счет центробежных сил, возникающих при выходе потока из сопла.

Разработан алгоритм расчета и составлена математическая модель теплопереноса, позволяющая рассчитывать температуру охлажденной воды за счет самоиспарения при различных параметрах окружающей среды.

Библиографический список

- 1. Гончаров В.В.** Брызгальные водоохладители ТЭС и АЭС / В.В. Гончаров – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1989. – 140 с.
- 2. Фарфоровский Б.С., Фарфоровский В.Б.** Охладители циркуляционной воды тепловых электростанций / Б.С. Фарфоровский, В.Б. Фарфоровский – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1972. – 111 с.
- 3. Берман Л.Д.** Испарительное охлаждение циркуляционной воды / Л.Д. Берман – М.: Энергоатомиздат, 1957. – 320 с.

М.О. Шавитова студ.; рук. О.Б. Колибаба к.т.н., доц.
(ИГЭУ, Иваново)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ В ЦЕЛЯХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА

При термообработке мелких изделий их обычно загружают в печь в контейнерах, на поддонах или насыпью на подину печи. Садка, образованная большим количеством сравнительно мелких заготовок, габариты которой значительно превышают размеры отдельной детали, получила название насыпной садки [1]. Поскольку термообработка - одна из самых длительных и энергоемких стадий в производстве различных изделий, то необходимыми мерами по обеспечению экономии топлива и энергии, является внедрение энергосберегающих технологий.

Эффективным способом интенсификации процесса нагрева насыпной садки является организация фильтрации продуктов горения через садку. Проникновение греющих газов между изделиями обеспечивает равномерный нагрев заготовок, снижение перепадов температуры и термических напряжений.

В работе рассмотрен вариант реконструкции проходной термической печи с подподовыми топками для нагрева насыпных садок. Предложено в поду печи равномерно над подподовыми топками в зоне перемещения поддонов выполнить каналы, как это показано на рис.1. Образующиеся в результате сжигания газа в подподовых топках продукты сгорания через выводные каналы, выполненные в поду, поступают в насыпную садку, фильтруются через нее, интенсифицируя, таким образом, нагрев изделий.

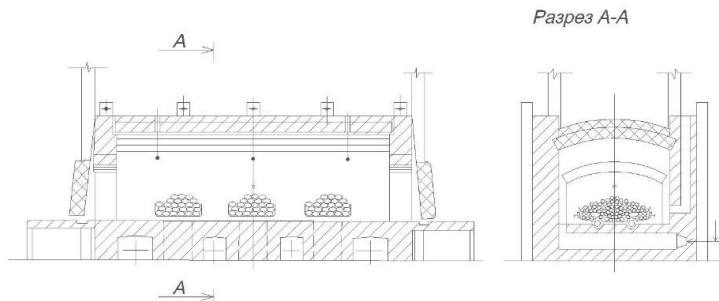


Рис.1 Термическая садочная печь

Библиографический список

1. Бровкин Л.А. Температурные поля тело при нагреве и плавлении в промышленных печах / Л.А.Бровкин. – Иваново: ИЭИ, 1973. – 364 с.

*Шанина К.С., студ.; рук. Е.В. Жбанова, к.т.н.
(ИВГПУ, г. Иваново)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ КОНВЕКТИВНОЙ СУШИ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ЗОЛООВАЛОВ ТЭС

Сушка стеновых керамических изделий пластического формования является одним из энергоемких технологических процессов, продолжительность которого во многом определяется режимными параметрами внешнего теплоподвода и вещественным составом.

В качестве сырьевых тонкодисперсных (менее 0,1 мм) материалов использовались: глина Верхнеландеховского месторождения и зола гидроудаления Ивановской ТЭС-2, пригодных для строительной керамики по отношению $Al_2O_3/SiO_2=0,1-0,16$ химического состава [1].

Сушка сформованных пластинчатых изделий производилась в камерной сушилке с симметричным их обдувом теплоносителем с его рециркуляцией. Кривые сушки глинозольных изделий-сырцов различных составов снимались при параметрах воздуха: температура – $t_c=75-125^\circ C$, скорость $V=1$ м/с, относительная влажность – $\varphi=5\%$.

Для определения продолжительности сушки использовалось уравнение метода приведенной скорости сушки, имеющего вид:

$$\tau_c = \frac{1}{N_f} \left[(U_{нач} - U_{кр}) - A \left(\frac{U_{кр}^{m-1} - U_{кон}^{m-1}}{m-1} \right) + \beta (U_{кр} - U_{кон}) \right], \quad (1)$$

где $N_f=dU/dt$ - скорость сушки периода постоянной скорости сушки, $мин^{-1}$; $U_{нач}=28\%$, $U_{кр}$, $U_{кон}=3\%$ – соответственно, средние значения начального, критического и конечного влагосодержания материала, %; A , β , m – массообменные и структурные коэффициенты.

Таблица 1 - Параметры сушки для различного состава глинозольных изделий

Параметр / Состав	Г:З=70:30 %(масс)			Г:З=60:40 %(масс)		
	А/β/ m	861,82 / 1,082 / - 1,39		973,55 / 1,114 / - 1,46		
$t_c, ^\circ C$	125	100	75	125	100	75
$N_f, мин^{-1}$	0,0175	0,0135	0,0105	0,015	0,0119	0,01
$\tau_c, мин$	26	35	48	23	30	40

Повышение энергоэффективности процесса конвективной сушки возможно, как за счет повышения температуры теплоносителя на 30÷40%, так при увеличении содержания обогащенных золоотходов.

Библиографический список

1. Августиник А.И. Керамика. Л.: Стройиздат, 1975. 591 с.

*Е.А. Шуляева, Ю.А. Кемская, студ.; рук. О.Ю. Нагорная
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

В настоящее время строительство мощных парогазовых установок (ПГУ) на базе высокотемпературных газотурбинных установок (ГТУ), использующих в качестве топлива природный газ является преобладающей тенденцией в современной теплоэнергетике. [1]

Парогазовые установки являются разновидностью комбинированных теплоэнергетических установок. Преимущество парогазового цикла – в двойном использовании энергии сжигаемого газа. Благодаря выбору наиболее эффективной схемы эксплуатации парогазовых установок в конкретных условиях достигается значительное увеличение КПД, экономия топлива, улучшение экологических и технических характеристик.

Современная энергетика в значительной мере развивается на основе парогазовых установок с котлами-утилизаторами (ПГУ-КУ). Совершенство тепловой схемы ПГУ-КУ определяется эффективностью утилизации энергии отработавших в ГТУ газов в паротурбинном цикле ПГУ. На это влияют следующие факторы: число контуров давления пара, применение промежуточного перегрева пара и дополнительного сжигания топлива в КУ. [2]

Промежуточный перегрев в ПГУ обеспечивает допустимую влажность в последних ступенях паровой турбины. При правильном выборе давления в промежуточном пароперегревателе повышается и экономичность ПГУ. Три контура давления котла-утилизатора обеспечивают высокую мощность ПГУ и высокий КПД, а котел-утилизатор обеспечивает меньший расход топлива за счет двойного использования энергии сжигаемого газа. [3]

Таким образом, сооружение ПГУ является основным направлением развития отечественной теплоэнергетики, использование ПГУ более выгодно, как с энергетической точки зрения, так и с экологической.

Библиографический список

1. **Зысин Л.В.** Парогазовые и газотурбинные тепловые электростанции: учеб. пособие. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 368 с.
2. **Трухний А.Д.** Парогазовые установки электростанций: учебное пособие для вузов / А.Д. Трухний. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – 648 с.
3. **Гринчук А.С.** Повышение эффективности утилизационных ПГУ за счет применения промежуточного перегрева пара // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2008. № 5. С. 78-86.

*А.В.Носков, студ.; рук. О.Б. Колибаба, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА В РЕКУПЕРАТОРЕ

Теплообменный аппарат (ТА) представляет собой устройство, в котором происходит теплообмен между двумя или несколькими средами. Участвующие в теплообмене среды называются теплоносителями [1]. В настоящее время теплообменные аппараты широко используются во всех сферах деятельности человека, от сельского хозяйства до объектов атомных или тепловых электростанций. Существует несколько разновидностей ТА. В частности, одним из самых часто используемых является рекуператор. Рекуператор – теплообменное устройство поверхностного типа, полезно использующее теплоту продуктов сгорания, уходящих по дымовой трубе. Эта теплота может расходоваться на обогрев, например, холодного воздуха, забираемого из атмосферы для поддержания процесса горения. Именно такой вид ТА является объектом исследования в работе.

В задачу исследования входило численное моделирование теплообмена в трёхмодульном пластинчатом теплообменнике с оребрением. Оребрение представляет собой дополнительные «ответвления» на участках поверхности теплообмена. Такого рода дополнения в конструкции способствуют интенсификации теплообмена, поскольку увеличивают площадь теплообмена.

За последнее время для исследования процессов гидродинамики и теплопереноса активно используется 3-D-моделирование, которое позволяет более точно учесть неоднородность структуры тела, его теплофизические характеристики и т.д. Численное моделирование теплообмена выполнено в программном пакете Ansys.

Алгоритм решения задачи состоял из следующих этапов:

1. Построение геометрической модели теплообменника.
2. Построение расчётной сетки модели.
3. Задание начальных термодинамических параметров.
4. Расчёт и обработка данных – получение температурных полей и полей скоростей.

В результате расчета получены поля температур и скоростей в рекуператоре.

Библиографический список

1. Лебедев П.Д. Теплообменные сушильные и холодильные установки. Изд. 2-е, перераб. М., «Энергия», - 1972. - 319 с.

СЕКЦИЯ 11
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В ТЕХНОСФЕРЕ

Председатель –
д.т.н., профессор **Соколов А.К.**

Секретарь –
студент **Огорельцева К.А.**

*Е.А. Белов, студ.; рук. К.В. Чернов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ, ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ, УСЛОВИЙ ТРУДА В ЦЕХЕ ОБЖИГА КЛИНКЕРА ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА

Обжиг сырьевой смеси, состоящей из углекислого кальция и алюмосиликатов, во вращающихся печах при температуре 1450°C приводит к образованию зернистого материала, называемого клинкером. Произведённый в цехе обжига клинкер охлаждается и направляется в цех помола. Работниками цеха обжига клинкера цементного завода являются начальник, заместитель начальника, механики, мастера, инженер-технолог, машинисты (обжигальщики) вращающихся печей, учётчики, чистильщики по очистке пылевых камер, транспортёрщики горячего клинкера, слесари-ремонтники, электрогазосварщики, машинисты сырьевых мельниц, крановщики, машинисты насосных установок, загрузчики мелющих тел.

В отношении рабочих мест цеха проводится специальная оценка условий труда [1], результаты которой применяются, наряду с прочим, для оценки уровней профессиональных рисков.

Взаимосвязь между фактическими условиями труда и здоровьем работников описывается в руководстве Р 2.2.1766-03 [2]. Положения руководства нуждаются в дополнении оценкой важной составляющей профессионального риска – риском производственного травматизма

Научная задача заключается в разработке компьютерной программы, по специальной оценке, условий труда в цехе обжига клинкера. Компьютерная программа организуется таким образом, что она раскрывает сведения о технологии обжига сырьевой смеси для получения клинкера, производственных площадках, помещениях, технических сооружениях и устройствах, производственных процессах, работниках, техногенных опасностях, составляющих риска, профессиональном риске на рабочем месте, требованиях по снижению уровня риска.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 28.12.2013 №426-ФЗ (ред. от 27.12.2019) "О специальной оценке условий труда" [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс. – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555/.
2. **Р 2.2.1766-03. 2.2.** «Гигиена труда. Руководство, по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки.», утв. Гл. гос. сан. врачом РФ 24.06.2003 [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс. – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_130907/.

*А.А. Грибова, студ.; рук. Ю.М. Овсянников, ст. преп.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРОШЛОЕ И БУДУЩЕЕ ГОРОДСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

В 21-ом веке уличное освещение является неотъемлемой частью современного города. Однако в исторических масштабах такое положение было не всегда, и история развития массового освещения городских улиц в России сейчас насчитывает немногим более ста лет.

Так в Иваново-Вознесенске датой начала уличного электроосвещения считается 13 декабря 1910 г, а в 1911 году улицы города уже освещались 48 дуговыми электрическими фонарями.

Развитие науки в области создания новых видов искусственных источников света непрерывно изменяет облик городского освещения.

С 2010 года и по настоящее время в России идёт переход от применения газоразрядных ламп в уличном освещении к светодиодным источникам света.

Научная задача, поставленная в рамках данного исследования, заключается в рассмотрении функций и задач уличного освещения, его роли в обеспечении безопасности жителей города, воздействии на человека, а также в проведении анализа тенденций развития уличного освещения, исследовании параметров современных источников света.

В работе рассмотрены вопросы инженерных расчётов уличного освещения с помощью свободно распространяемой программы DIALux.

Данное программное обеспечение разрабатывается с 1994 года Немецким Институтом Прикладной Светотехники (DIAL GmbH) и предназначено для планирования дизайна и освещения.

Отличительной особенностью DIALux является использование в расчётах освещения характеристик реально производимых источников света и светильников от производителей по всему миру.

Библиографический список

1. **Вербенин И.А., Губина Н.М.** Система городского освещения Иваново-Вознесенска на рубеже 19-20 вв. и новые повседневные практики горожан // Вестник гуманитарного факультета Ивановского государственного химико-технологического университета. – 2007. – №2. – С. 14-21.
2. **DIALux Homepage.** URL: <https://www.dial.de/en/dialux-desktop/download/> (дата обращения 5.12.2019).
3. **DIALux. Освещение улиц.** URL: <http://www.dialux-help.ru/uchebnik/osveschenie-ulic.html> (дата обращения 5.12.2019).

*Н.В. Гусева, студ.; рук. Ю.М. Овсянников, ст. преп.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АНАЛИЗ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ

В России действует система непрерывной подготовки в области БЖД. На предприятиях она представлена в виде системы инструктажей, квалификационных экзаменов и переподготовки в специально уполномоченных учебных заведениях.

Однако несчастные случаи происходят, и задача снижения травматизма сохраняет свою актуальность. Улучшение ситуации в данной области может быть достигнуто применением организационных, технических мер, а также усилением личной мотивации работников выполнять должностные обязанности с соблюдением действующих мер безопасности.

При этом в каждом из вышеперечисленных случаев будет полезным проведение анализа уже произошедших несчастных случаев, выявление их причин, особенностей, рассмотрение общей статистики.

Одним из таких источников информации высокого качества являются ежемесячные отчёты Ростехнадзора «Анализ несчастных случаев на энергоустановках, подконтрольных органам Ростехнадзора», доступные на официальном сайте Федеральной службы.

Анализ показывает, что главными причинами несчастных случаев (НС) являются повторяющиеся нарушения требований безопасности из-за неудовлетворительной организации производственных процессов, нарушения требований безопасности по поведенческим причинам.

К основным видам происшествий в сфере энергетики относятся падение пострадавшего с высоты; поражение электрическим током, электрической дугой; воздействие экстремальных температур; воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов.

Учёт результатов анализа произошедших НС позволит разработать новые более эффективные мероприятия технического и организационного характера по обеспечению снижения аварийности и травматизма на объектах энергетики.

Библиографический список

1. **Храмцов Б.А.** Промышленная безопасность опасных производственных объектов: учебное пособие / Б.А. Храмцов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2007.-187 с.
2. **Анализ** несчастных случаев на энергоустановках, подконтрольных органам Ростехнадзора. URL: http://szap.gosnadzor.ru/activity/nesc_sluch/ (Дата обращения 23.01.2020)

*П.С. Зинченко, студ.; рук. Е.А. Пышненко, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ВИРТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СРЕДЫ MOODLE ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ

В докладе рассматриваются ресурсы виртуальной обучающей среды (VLE) Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) для организации взаимодействия между преподавателем и студентами в рамках поддержки очного обучения. Moodle – модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда, свободная система управления обучением (LMS). LMS Moodle дает преподавателю обширный инструментарий для представления учебно-методических материалов курса, проведения теоретических и практических занятий, организации учебной деятельности студентов как индивидуальной, так и групповой.

Теоретическое обучение организуется с использованием элементов Moodle: пояснение; ссылка на файл; ссылка на веб-страницу, Internet-ресурс; глоссарий.

В соответствии с поставленной задачей для организации текущего контроля учебной деятельности используются элементы: форум, задание, тест, пояснение, ссылка на веб-страницу, ссылка на файл, создана шкала “ТК ПК” для пересчета оценок, полученных за выполнение заданий и тестов в оценку по пятибалльной шкале, выбран режим расчета среднего значения из всех полученных оценок.

Форум “Обсуждение вопросов по курсу” используется для организации коллективной дискуссии студентов и преподавателя, в котором вопросы и ответы участников группируются по темам. Элемент “задание” позволяет преподавателю ставить задачи, которые требуют от студентов ответа в виде текста. Элемент “задание” позволяет оценивать полученные ответы. Выполнение студентом заданий, тестов оценивается преподавателем или автоматически, и отображается в журнале оценок.

Таким образом, применение для обучения системы Moodle позволяет получать сводную информацию о работе каждого студента и организовать учебный процесс более эффективно.

Библиографический список

1. **MoodleDocs.** Документация на официальном сайте Moodle [Электронный ресурс]. URL: https://docs.moodle.org/30/en/Main_page

*Е.Н. Кочеткова, студ.; рук. Е.А. Пышненко, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА И РАЗРАБОТКА МЕР ПО СНИЖЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА РАБОТНИКОВ ФИЛИАЛА «ИВЭНЕРГО» МРСК ЦЕНТРА И ПРИВОЛЖЬЯ

Профессиональный риск - вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти, связанная с исполнением обязанностей по трудовому договору (контракту) и в иных установленных законом случаях. Для планирования мероприятий социальной направленности и сохранения здоровья работающего населения все большее значение приобретает максимально точная и объективная оценка условий труда, характеристики рабочих мест и распространенности заболеваний, развитие которых связано с неблагоприятным воздействием ряда производственных факторов.

В ходе идентификации опасностей и оценки рисков в области профессионального здоровья и безопасности труда, которым подвергается персонал в процессе выполнения своих обязанностей, в филиале “Ивэнерго” были выявлены основные виды значимых рисков. Было установлено, что в целях обеспечения безопасности своих сотрудников основные усилия компании были направлены на улучшение состояния оборудования, а также на обеспечение персонала современными средствами защиты и приспособлениями для ведения работ. В течение года в филиале “Ивэнерго” МРСК Центра и Приволжья проводилось теоретическое и практическое (на учебно-тренировочных полигонах) обучение персонала, имеющего право производства работ повышенной опасности. Серьезное внимание уделяется повышению безопасности дорожного движения. Кроме того, реализуются технические мероприятия по предотвращению случаев травматизма со сторонними лицами. В результате проведенного анализа были предложены дополнительные мероприятия по снижению профессионального риска работников.

Библиографический список

1. **Официальный сайт** ПАО «МРСК Центра и Приволжья» [Электронный ресурс]. URL: https://www.mrsk-cp.ru/production_activities/labour_protection/pokazateli-raboty/
2. **Система менеджмента** ОАО «МРСК Центра и Приволжья». Обеспечение охраны здоровья и безопасности труда. Управление рисками в области охраны профессионального здоровья и безопасности труда. СТО 01-019-2014 от 20.10.2014 года.

*В.А. Молодцова, студ.; рук. Ю.М. Овсянников, ст. преп.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ГРАЖДАНСКАЯ ЖИЗНЬ ПШУ УР-100К

Путешествуя по лесам Ивановской области можно обнаружить совершенно неожиданные артефакты. Так летом 2019 года недалеко от Иваново был обнаружен рукотворный «овраг» значительных размеров с озером на дне, при этом по берегам «оврага» были разбросаны банкноты советского образца.

Изучение открытых источников показало, что данный объект – пусковая шахтная установка (ПШУ) принадлежавшая ныне расформированному 234-му ракетному полку.

Данный полк заступил на боевое дежурство 25 ноября 1968 года с 10-ю шахтными пусковыми установками УР-100, в 1973 году полк был перевооружен на ракетный комплекс УР-100К, первого сентября 1990 года полк снят с боевого дежурства и к 1 сентября 1991 года расформирован.

Смена денежных знаков в 1990-х годах поставила вопрос массовой утилизации вышедших из обращения купюр. Существующие перерабатывающие мощности были рассчитаны лишь на текущую замену обветшавших денежных знаков и не могли удовлетворить возросший спрос.

Было принято складировать купюры в законсервированные шахтные установки. В каждую шахту в среднем было загружено 60 тонн банкнот советского образца, которые и хранились до последнего времени в обнаруженной шахте.

Экологи отмечают, что краска на купюрах содержит соли тяжелых металлов, которые неизбежно попадают в грунтовые воды и наносят вред экологии.

Однако причина раскопки ПШУ скорее всего не в заботе об экологии, а в нелегальной добыче металла, который остался в шахте. Именно этим можно объяснить бесхозный вид объекта, который ранее отвечал за безопасность нашей страны.

Библиографический список

1. **234-й ракетный полк.** URL: https://rvsn.info/regiments/reg_234.html (дата обращения 24.12.2019)
2. **Судьба советских ракетных шахт: от секретных объектов до свалки денег.** URL: <https://www.youtube.com/watch?v=eUFw8eTjzeM> (дата обращения 23.12.2019)
3. **Закопанные деньги СССР.** URL: <https://urban3p.ru/blogs/10841> (дата обращения 21.12.2019)

*К.А. Морозова, студ.; рук. Ю.М. Овсянников, ст. преп.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ШУМОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИ АВАРИЙНЫХ РАБОТАХ НА ГОРОДСКИХ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЯХ

Жилищно-коммунальное хозяйство России (ЖКХ) представляет собой совокупность отраслей экономики, обеспечивающих работу инженерной инфраструктуры зданий населённых пунктов их теплоснабжение, водоснабжение, электроснабжение.

При этом инфраструктура ЖКХ характеризуется высокой степенью износа, как следствие, регистрируется ежегодное увеличение аварийности на объектах ЖКХ.

В ходе ремонта доступ, например, к трубопроводам тепло- и водоснабжения требует применения тяжёлой строительной техники - экскаваторов, тракторов, грузовиков, гидромолота. Данный вид техники характеризуется существенным уровнем шума, превышающим нормативные значения для жилых зон.

Поскольку подземные коммуникации могут располагаться сколь угодно близко к жилой зоне и жилым домам, то актуальным является задача оценки уровня создаваемого техникой шума и эффективности возможных способов его снижения.

Шум – сильнейший стрессор, оказывающий существенное влияние на психологическое состояние человека, вызывая повышенную раздражительность, бессонницу, гипертонию и т.д.

Возможные инженерные решения по снижению уровня шума целесообразно исследовать на компьютерных моделях. Одним из таких инструментов, позволяющих реализовать расчёт уровня шума с учётом влияния внешних факторов, является программа Шум «ЭКО центр».

В работе предлагается для снижения шумового загрязнения жилых зон в ходе ремонтных работ применять шумозащитный экран, оценивается эффективность выбранного способа снижения уровня звука.

Библиографический список

1. **Жилищно-коммунальное хозяйство.** URL: <https://mirznanii.com/a/249784/zhilishchno-kommunalnoe-khozyaystvo> (дата обращения 15.12.19)
2. **Программа Шум «ЭКО центр».** URL: <https://eco-c.ru/ecology/программы-для-экологов/шум-эко-центр> (дата обращения 15.12.19)
3. **Шум от тяжелой техники.** URL: <https://ceiis.mos.ru/presscenter/news/detail/6489973.html> (дата обращения 15.12.19)

*А.И. Мухина, студ.; рук. А.К. Соколов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СУММАЦИИ ВРЕДНОГО ДЕЙСТВИЯ ВЕЩЕСТВ В СТОЧНОЙ ВОДЕ НА ИХ НОРМАТИВНУЮ СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ

В соответствии с [1, 2] эффект суммации вредного действия следует учитывать при всех видах водопользования для веществ с одинаковым лимитирующим показателем вредности, которые относятся к I-му и (или) II-му классам опасности.

Нормативную степень очистки веществ в сточной воде η можно определить из условия допустимости воздействия с учетом суммации вредного действия веществ [3]. Анализ условия допустимости воздействия показал, что по нему можно определить η лишь для одного вещества. Значения η для других веществ необходимо принимать на основании технико-экономических расчетов.

Исследование влияния эффекта суммации вредного действия веществ на степени очистки η выполнено для 3-х веществ в сточных водах технического объекта (1 – фтора, 2 – гидразина, 3 – нитритов) и для 5 – ти веществ в воде водоема (1 – фтора, 2 – гидразина, 3 – нитритов, 4 – хлора и 5 – формальдегида). Все вещества имеют санитарно-токсикологические лимитирующие показатели вредности и II-й класс опасности.

Необходимые степени очистки η были рассчитаны для различных условий очистки и сброса сточных вод: отсутствие очистки одного или двух веществ ($\eta_i = 0$, $\eta_i = \eta_{i+1} = 0$), одинаковая степень очистки веществ $\eta_1 = \eta_2 = \eta_3$, отсутствие в воде водоема хлора и формальдегида и др.

В докладе приводится описание и анализ результатов исследования, которое показало значительное влияние эффекта суммации вредного действия веществ на величины нормативных степеней очистки.

Библиографический список

1. **СанПиН 2.1.5.980-00** «Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902083726>
2. **Приказ** Минприроды № 333 «Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей (с изменениями на 31 июля 2018 года)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902083726>
3. **Соколов А.К.** Учет суммации вредного действия веществ, сбрасываемых в водоемы производственными объектами / Теплоэнергетика. – 2017. – № 9 – С. 34 – 40.

*К.А. Огорельцева, студ.; рук. А.К. Соколов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ МАКУЛАТУРЫ И ПОЛИМЕРОВ В ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

К твердым бытовым отходам (ТБО) относятся отходы, образующиеся в жилых зданиях. Методами переработки отходов являются системы сбора и промежуточного хранения отходов, сортировка, компостирование, термический метод, вторичная переработка и др.

По данным доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Ивановской области в 2018 году» [1] в морфологическом составе ТБО макулатура составляет 23455 т/год, а полимеры – 2772 т/год.

Оценка экономической эффективности утилизации ТБО выполнена для раздельного приема отходов. Принято, что макулатура перерабатывается в эковату и бугорчатые прокладки, а полимеры во флекс и вторичные гранулы. Производство эковаты осуществляется на линии стоимостью 1530000 руб., бугорчатых прокладок – на линии стоимостью 950000 руб., а флекса – на линии стоимостью 1000000 руб. В соответствии с рыночными ценами приняли стоимость макулатуры 5000 руб./т, полимеров – 15000 руб./т, эковаты – 30000 руб./т, бугорчатых прокладок – 40000 руб./т, флекса – 40000 руб./т, вторичных гранул – 67000 руб./т.

Оценка эффективности инвестиционных проектов (NPV) выполнена по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+E)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+E)^t},$$

где CF_t – чистый денежный поток в период t ; I_t – инвестиционные затраты в период t , в которые входят затраты на покупку оборудования, транспорт (принято 580000 руб. за 1 год), на фонд оплаты труда, на электроэнергию, на покупку материалов и на аренду; E – ставка дисконтирования (15%).

Расчеты показали, что максимально возможную прибыль принесет переработка 100% макулатуры в бугорчатые прокладки (NPV=43427842 руб.) и 100% полимеров во вторичные гранулы (NPV=5064976 руб.).

Библиографический список

1. **О состоянии** и об охране окружающей среды Ивановской области: Доклад Департамента природных ресурсов и экологии Ивановской области в 2018 году, 2018 год, г. Иваново. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eco.ivanovoobl.ru/%D0%94%D0%9E%D0%9E%D0%A1%202018.pdf>

*Е.А. Попова, студ.; рук. К.В. Чернов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ В ПАРОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ

Котельная с паровыми котлами ДКВр-10-13-250ГМ относится к опасным производственным объектам [1], так как в ней используется:

- природный газ, способный возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления;
- оборудование, под избыточным давлением более 0,07 МПа.

Основной целью обеспечения безопасности труда операторов котельной является предотвращение воздействия на организм работников вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса.

Организация, эксплуатирующая паровую котельную, при разработке мер по обеспечения безопасности труда должна обеспечивать выполнение процедуры "идентификация опасностей" [2], которой предшествует анализ производственной деятельности. При анализе должны быть рассмотрены производственные процессы, технологические операции, производственные площадки, помещения, объекты и транспортные пути между ними, постоянные, временные и разовые места выполнения работ, стационарные и нестационарные рабочие места, рабочие операции и способы их осуществления, виды используемого оборудования, инструментов, оснастки, материалов и веществ и т.п.

Научная задача, поставленная в рамках данного исследования, заключается в разработке компьютерной программы для анализа производственной деятельности. В компьютерной программе технология производства тепловой энергии в котельной с паровыми котлами представляется посредством техногенной системы. Системнологическое представление позволяет описывать процесс функционирования котельной с указанием компонентов системы и их функций.

Библиографический список

1. **Федеральный закон** от 21.07.1997 №116-ФЗ (ред. от 29.07.2018) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс. – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (15.01.2020).
2. **ГОСТ 12.0.230.4-2018** «Системы управления охраной труда. Методы идентификации опасностей на различных этапах выполнения работ» [Электронный ресурс] // Росстандарт. – <http://old.gost.ru/wps/portal/pages.CatalogOfStandarts> (15.01.2020).

*Д.И. Преображенский, студ.; рук. К.В. Чернов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ, ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ, УСЛОВИЙ ТРУДА В ЦЕХЕ ПОМОЛА ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА

Стадия помола клинкера завершает технологический процесс производства цемента. Гранулы клинкера измельчаются совместно с добавками, в том числе гипсовыми. В замкнутом цикле помола задействованы трубные мельницы и сепараторы. Отделение крупных частиц, обеспечивающее необходимую тонкость помола, проводится в центробежных сепараторах.

Работниками цеха помола клинкера цементного завода являются начальник, заместитель начальника, механики, мастера, машинисты цементных мельниц, чистильщики по очистке пылевых камер, аспираторщики, слесари-ремонтники, электрогазосварщики, крановщики, грузчики мелющих тел, кладовщики.

Относительно рабочих мест цеха проводится специальная оценка условий труда [1], результаты которой применяются, наряду с другими целями, для оценки уровня профессиональных рисков.

Взаимосвязь между фактическими условиями труда и здоровьем работников указывается в руководстве Р 2.2.1766-03 [2]. Критерии оценки руководства нуждаются в дополнении важной составляющей профессионального риска – оценкой риска производственного травматизма.

Научная задача, определенная в рамках представляемого исследования, заключается в разработке компьютерной программы, по специальной оценке, условий труда в цехе помола. Компьютерная программа организуется таким образом, что в ней раскрываются сведения о технологии помола клинкера, производственных площадках, помещениях, технических сооружениях и устройствах, производственных процессах, работниках, техногенных опасностях, составляющих риска, профессиональном риске на рабочем месте, требованиях по снижению уровня риска.

Библиографический список

1. **Федеральный** закон от 28.12.2013 №426-ФЗ (ред. от 27.12.2019) "О специальной оценке условий труда" [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс. – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555/.
2. **Р 2.2.1766-03. 2.2.** «Гигиена труда. Руководство, по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки.», утв. Гл. гос. сан. врачом РФ 24.06.2003 [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс. – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_130907/.

*Д.Н.Пряхин, студ.; рук. В.П. Строев, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ НА ЧЕЛОВЕКА

Красители – химические соединения, обладающие способностью интенсивно поглощать и преобразовывать энергию электромагнитного излучения в видимой и в ближних ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра и применяемые для придания этой способности другим телам. Отравление краской встречается сравнительно часто.

На предприятии чаще всего применяют красители содержащие искусственные пигменты. Пигменты подразделены на естественные и искусственные. Естественные пигменты представляют собой цветные земли и минералы, находящиеся в природе. Искусственные - те пигменты, которые воспроизводят естественные пигменты в более чистом виде или представляют собой совершенно оригинальные, вовсе не встречающиеся в естественном состоянии сочетания.

Данные красители хранятся в специальных складах больших размеров, в специальных бочках размером 200 литров. Склады представлены в виде ангаров, так же в них проведена вентиляция и работают люди в специальных средствах индивидуальной защиты, такие как респиратор, специальные перчатки и защитные очки.

При длительном незащищенном контакте краска и лак негативно воздействует на центральную нервную систему у всех людей. Существуют как симптомы острой интоксикации парами краской, так и симптомы хронической интоксикации. При остром контакте с большими дозами паров краски возникают следующие признаки интоксикации: сухость, жжение и сильное покраснение глаз, иногда также возникает чувство наличия в глазу инородного предмета; повышенная температура, до 39 градусов. При хроническом: апатия, сильнейшая усталость и существенное снижение умственных возможностей; постоянный сухой кашель, повышенная температура до 37 градусов.

Проведена оценка режима работы вентиляционной системы для снижения концентрации паров красителя в воздухе.

Библиографический список

1. **Алхимия** красоты "косметическая химия" [Электронный ресурс] // http://xn----7sbb4aandjwsmn3a8g6b.xn--p1ai/views/alchemy/theory/chemistry/cosmetic-chemistry/dyes_and_pigments.php (14.01.2020).
2. **Лекарства** и болезни [Электронный ресурс] // <https://fragmed.ru/otravleniya/otravlenie-kraskoy-simptomu-lechenie.html> (14.01.2020).

*Н.В. Пучкова, студ.; рук. А.Г. Горбунов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА СТОЛЯРА- СТАНОЧНИКА

Цель работы: разработка и оценка индивидуального профессионального риска столяра-станочника.

Актуальность работы: в работе оценивается индивидуальный профессиональный риск работника по новому алгоритму, который, по нашему мнению, наиболее полно помогает оценить риск работы на данном рабочем месте в данных условиях и на данном оборудовании.

Индивидуальный профессиональный риск предлагаем рассматривать как функцию 5 независимых переменных. Каждая переменная будет оцениваться от 0 до 1, где 1 соответствует выполнению всех необходимых требований.

1. Оценка безопасности конструкции оборудования и инструментов на соответствие нормативным документам [НД]. В [1] находим соответствующие требования и определяем, какая часть реализована в конструкции циркулярной пилы и строгального станка (два параметра).

2. Оценка соответствия условий труда государственным нормативным требованиям. Эта оценка производится на основании анализа результатов СОУТ или результатов производственного контроля на соответствие условий труда требованиям [2].

3. Оценка безопасности выполнения работы производится на основании анализа правильности инструкции по охране труда [3] и полноты выполнения её требований работником.

4. Оценка наличия необходимой спецодежды и средств индивидуальной защиты (СИЗ) производится путем сравнения реальной номенклатуры и количества СИЗ с государственными нормативными требованиями.

Библиографический список

1. **ГОСТ 12.2.026.0-93** «Оборудование деревообрабатывающее. Требования безопасности к конструкции».
2. **СанПиН 2.2.4.3359-16** Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. [Электронный ресурс] [www.consultant.ru > document > cons_doc_LAW_203183](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_203183)
3. «**Инструкции** по охране труда» [Электронный ресурс] <http://www.consultant.ru> [сайт] (дата обращения 27.11.2019).

*И.Р. Ракутин, студ.; рук. А.К. Соколов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРАВИЛ, ЗАПРЕЩАЮЩИХ СБРОСЫ СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОЁМЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Условия безопасности воды в водных объектах нормируются не только качеством воды в контрольных створах водоемов, но и запретом на сброс сточных вод в водоёмы. Правила, запрещающие сброс сточных вод в водоёмы установлены с учетом назначения и категории водоема.

Для упрощения оценки возможности сброса сточных вод с помощью программ для ПК необходима формализация требований, запрещающих сброс.

Математические описания условий допустимости сброса сточных вод в водоёмы рыбохозяйственного назначения разработаны на основе анализа СанПиН 2.1.5.980-00 [1] и Приказа Минсельхоза N 552 [2].

Формализованные правила, запрещающие сброс сточных вод представлены в виде произведения 9-ти логических выражений для условий безопасности сброса.

Например, условие безопасности водных объектов по концентрации растворенного в воде кислорода (Y_{O_2}), зависящей от хозяйственной деятельности, имеет вид

$Y_{O_2} = \langle \text{категория водоема} \rangle = \langle \text{высшая} \rangle \vee \langle \text{категория водоема} \rangle = \langle \text{первая} \rangle \vee \langle \text{категория водоема} \rangle = \langle \text{вторая} \rangle \wedge \langle \text{климатический период} \rangle \neq \langle \text{ледостав} \rangle \wedge C_{O_2} > 6,0) \vee (\langle \text{категория водоема} \rangle = \langle \text{вторая} \rangle \wedge \langle \text{климатический период} \rangle = \langle \text{ледостав} \rangle \wedge C_{O_2} > 4,0),$

где C_{O_2} – концентрация растворённого в воде кислорода мг/дм³, \vee и \wedge – знаки логического сложения и умножения.

Формализации условий безопасности может использоваться при создании программы для ПК.

Библиографический список

1. **СанПиН 2.1.5.980-00** Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902083726>
2. **Приказ** Министерства сельского хозяйства РФ № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (от 13 декабря 2016 года, с изменениями на 12 октября 2018 года)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420389120>

*М.А. Корнилова, студ., О.Е. Фонарева, студ.;
рук. Ю.Ю. Рогожников, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА

Под информационными технологиями понимаются процессы, методы поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации и способы осуществления таких процессов и методов. Под охраной труда понимается система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия. В результате исследования информационных технологий в области охраны труда анализируются компьютерные обучающие программы, средства создания обучающих курсов, процессы дистанционного обучения, платформы для проведения вебинаров, современные интернет-форумы и ресурсы в области охраны труда, программные комплексы (продукты) для автоматизации работ специалистов по охране труда и другие.

В качестве системы дистанционного обучения выбрана и применяется система «Moodle», которая является бесплатно распространяемой системой и применяется для разработки курсов дистанционного обучения по охране труда.

При проведении дистанционных занятий (вебинаров) по охране труда используются приложения Adobe Connect Central и Adobe Connect Meeting. Организация, подготовка и проведение дистанционных занятий по охране труда, так же, как и обычных занятий, состоит из подготовки к занятиям, проведения занятий и анализа результатов.

Среди множества систем, призванных автоматизировать работу специалистов по охране труда, выбран программный продукт «Охрана труда для 1С: Предприятия 8». Программа позволяет, основываясь на ключевых показателях предприятия, автоматизировать процесс управления безопасностью персонала и предприятия в целом (охрана труда, пожарная безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях, гражданская оборона), снизить расходы на охрану труда.

Таким образом, внедрение и широкое применение информационных технологий в области охраны труда позволяет не только автоматизировать труд специалистов по охране труда, но также способствует достижению главной цели охраны труда – сохранению жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

*Ю.А. Почкина, студ.; рук. А.Г. Горбунов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ РИСКОМ В ИГЭУ

Система управления (СУ) индивидуальным профессиональным риском (ИПР) разрабатывается в рамках системы управления охраной труда (ОТ). В докладе рассмотрена главная составная часть СУ ИПР, а именно, методика оценки ИПР. Методика основана на положении о том, что риск работы на данном рабочем месте (РМ) можно охарактеризовать следующими независимыми переменными: состояние оборудования и инструментов; условия труда на рабочем месте; наличие алгоритма безопасного выполнения работ (инструкции по охране труда); выполнение работником инструкций по охране труда; наличие необходимых СИЗ. Предлагаем каждую из этих переменных характеризовать формальным параметром K_i ($i=1 \div 5$). Значение параметра K_i определяется следующим образом. Если данная составляющая ИПР, например, состояние оборудования, полностью соответствует государственным нормативным требованиям охраны труда (ГНТ ОТ), то соответствующий ей параметр $K_1=0$ в противном случае $K_1=1$. Если на РМ действует N производственных факторов, причем M из них не соответствуют санитарным нормам, то риск по этой составляющей $K_2=M/N$. При этом, если класс условий труда выше 3.1, то за каждую следующую степень по каждому фактору увеличиваем значение K_2 на 0,1. Отсутствие или неверно (неполно) составленная инструкция по ОТ для данного РМ сообщает K_3 значение равное 1, тогда как при наличии правильно составленной инструкции $K_3=0$. Значение K_4 определяется в ходе внезапных проверок и/или руководителем подразделения в рамках ступенчатого контроля или процедуры СУ ИПР и равно доле требований инструкции по ОТ, которые не выполняются работником. И, наконец, K_5 равно доле спецодежды и СИЗ, отсутствующих у работника по сравнению с номенклатурой и количеством, необходимым по ГНТ ОТ. По мнению авторов, данная методика позволяет более гибко и полно оценивать риск работы на данном РМ в данных условиях, более точно и обоснованно планировать корректирующие мероприятия по сравнению с существующими методики. Другим серьезным преимуществом является превентивность корректирующих мероприятий, которые разрабатываются и реализуются до появления негативных событий (травмы или ухудшения состояния здоровья).

*С.А. Рогозкина, студ.; рук. А.Г. Горбунов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ЭЛЕКТРОСВАРЩИКА

Чтобы оценить индивидуальный профессиональный риск электросварщика нужно рассмотреть все слагаемые безопасности труда и оценить риск работы на этом рабочем месте в этих условиях.

На наш взгляд слагаемыми безопасного труда являются: состояние оборудования и инструментов; условия труда на рабочем месте; наличие алгоритма безопасного выполнения работ; выполнение работником инструкций по охране труда; наличие необходимых СИЗ.

Актуальность работы заключается в новом подходе к определению количественной характеристики безопасности работы на конкретном рабочем месте в конкретных условиях.

Конструкция оборудования, инструментов и приспособлений должна соответствовать государственным нормативным требованиям охраны труда (ГНТ ОТ). Оценка заключается в определении отношения ГНТ ОТ, выполненных на данном рабочем месте, к их требуемому количеству (первые два параметра из списка).

Оценка риска по третьему пункту заключается в определении отношения количества производственных факторов (ПФ), удовлетворяющих ГНТ ОТ к общему количеству ПФ, на данном рабочем месте. Эту оценку можно выполнять как по результатам СОУТ, так и по результатам производственного контроля.

Оценка безопасности выполнения работ складывается из оценки правильности соответствующей инструкции по охране труда и оценки степени выполнения работником ее положений, т.е. определении какая часть требований корректно составленной инструкции по охране труда выполняется работником.

Безопасность выполнения работ в определенной степени зависит от наличия и правильного использования работником спецодежды и средств индивидуальной защиты (СИЗ). Оценкой риска по этому пункту является отношение реально имеющегося количества и номенклатуры спецодежды и СИЗ к их количеству и номенклатуре, устанавливаемыми государственными нормативными требованиями охраны труда.

*А.В. Сидоров, студ.; рук. А.Г. Горбунов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

УЧЕТ ПОВЕРХНОСТНОГО ЭФФЕКТА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗАНУЛЕНИЯ

Известно, что в сетях с заземленной нейтралью распространенной мерой электробезопасности является зануление электроустановок. При использовании в качестве PEN-проводника четвертой жилы алюминиевого или медного кабеля определение сопротивления петли «фаза-ноль» очевидно. Однако, в ряде случаев, в качестве PEN используются либо стальные трубы, в которых проложены кабели питания, либо стальные полосы. В этом случае сопротивление петли «фаза-ноль» вследствие поверхностного эффекта может в несколько раз превышать значение, определенное традиционным способом.

В докладе изложен алгоритм определения сопротивления петли «фаза-ноль», который вкратце выглядит следующим образом.

1. Вначале определяем омическое сопротивление каждого элемента петли, учитывая длину, сечение и удельное сопротивление материала проводника.

2. Определяем значение тока короткого замыкания и его плотность в PEN-проводнике.

3. Определяем по таблицам [1] в зависимости от полученной плотности тока и формы проводника удельные значения активного и индуктивного сопротивления PEN-проводника.

4. Определяем реальные значения активного и индуктивного сопротивления PEN-проводника с учетом его длины.

5. Определяем уточненное сопротивление петли «фаза-ноль» в первом приближении с учетом полученного значения сопротивления PEN-проводника.

6. Определяем ток короткого замыкания для нового значения сопротивления петли.

7. Определяем уточненное значение плотности тока, уточненные удельные и полные значения активного и реактивного сопротивлений PEN-проводника, новое значение тока короткого замыкания.

8. Операции по п.7 повторяем до тех пор, пока $I_{кзi+1}/I_{кзи} \geq 0,95$.

Библиографический список

1. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергия, 1976. – 648.

*Н.М. Сидоров, И.А. Степанов, М.И. Ивков, студ.;
рук. А.В. Ившин, ст. преп.
(СПбПУ Петра Великого, г. Санкт-Петербург)*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ И ХРАНЕНИИ ОБЛУЧЁННОГО ГРАФИТА

С момента останова 1 блока ЛАЭС с реактором РБМК появилась задача утилизации графитового замедлителя. Прогнозируемое количество графита, требующего утилизации, в нашей стране составляет суммарно более 20 тыс. тонн. В соответствии с [1] большая часть облучённого графитового замедлителя уран-графитовых реакторов относится к классу II удаляемых твёрдых радиоактивных отходов и подлежит захоронению в пунктах глубинного захоронения РАО (ПЗРО). Предлагается применение перспективных материалов для обеспечения необходимого уровня радиационной безопасности.

В процессе моделирования биологической защиты были выявлены положительные свойства высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) как перспективного конструкционного материала по сравнению с аналогами [2, 3]. Контейнер из ВЧШГ позволит безопасно транспортировать РАО I (аварийный графит с просыпями топлива), II и III класса (втулочный и кладочный графит). Мощность эквивалентной дозы на расстоянии 1 м от поверхности контейнера с величиной биологической защиты 110 мм не превышает 0.1 мЗв/ч (согласно [4]). Для критериев 10 мЗв/ч и 2 мЗв/ч требуется меньшая величина защиты (30 мм и 70 мм соответственно), однако встаёт вопрос о динамической прочности данного изделия. Для фиксации и изоляции графитовых блоков предполагается применять смесь песка с бентонитовыми глинами, используемыми в качестве инженерного барьера ПЗРО.

Библиографический список

1. **Постановление** Правительства Российской Федерации от 19.10.2012 №1069, 2012. – 28 с.
2. **Павлов Д.И., Сорокин В.Т., Гатауллин Р.М., Шарафутдинов Р.Б.** Состояние и основные направления создания парка контейнеров для кондиционирования и захоронения радиоактивных отходов. Ядерная и радиационная безопасность –Москва, № 3 (81)-2016. – с. 18-29.
3. **Сидоров Н.М., Ившин А.В., Новикова О.В.** Обоснование конструкции контейнера для хранения и транспортировки радиоактивно загрязнённого графита. Инновации в атомной энергетике: сб. докладов конференции молодых специалистов (1–3 октября 2019 г., Москва). – М.: Изд-во АО «НИКИЭТ», 2019
4. **Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)**, 2009. – 86 с.

*Р.С. Сизарев, студ.; рук. А.Г. Горбунов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНОВ

Мобильные телефоны используются нами повсеместно. В тоже время они являются источниками электромагнитного поля сверхвысокой частоты (1900 МГц и др.). Известно, что электромагнитное поле (ЭМП) любых частот, а особенно сверхвысоких, оказывает воздействие на биологические объекты как в целом, так и на отдельные ткани и органы. Это воздействие характеризуется плотностью потока энергии ЭМП (ППЭ ЭМП) и энергетической экспозицией (ЭЭ), являющейся произведением последней на время облучения в часах [1]. Как показали наши исследования, при обычном разговоре излучатель телефона находится на небольшом, порядка $r \approx 1,5$ см, расстоянии до головного мозга. Следовательно, можно предположить наличие значительного воздействия на него. Целью работы было измерение ППЭ, создаваемой телефонами различных марок и фирм. Измерения производились прибором ПЗ-33М. На основании анализа решений уравнений Максвелла для излучателя [2] электромагнитное поле в его окрестностях условно разделяют на 3 зоны: индукции, дифракции и дальнюю зону. Последняя начинается на расстояниях $r \gg \lambda/2\pi$, где λ – длина волны. При этом только в дальней зоне существует бегущая волна, в которой формируется поток энергии ЭМП, плотность которого измеряет прибор ПЗ-33М. Для исследуемых телефонов $f_{\text{раб}} = 1900$ МГц, а, следовательно, $\lambda/2\pi \approx 2,5$ сантиметра. Поэтому излучатель располагался на расстоянии $R = 30$ см от антенны прибора, чтобы гарантированно быть в дальней зоне. Поскольку в дальней зоне ППЭ обратно пропорционально квадрату расстояния до излучателя полученное таким образом значение ППЭ необходимо умножить на $(R/r)^2 = 400$. В докладе приводятся результаты измерений ППЭ телефонов различных марок и фирм и рекомендации по предотвращению их неблагоприятного воздействия.

Библиографический список

1. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [www.consultant.ru > document > cons_doc_LAW_203183](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_203183)
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 263 с.

*Е.А. Смородинова, студ., Е.И. Макулова, студ.;
рук. Ю.Ю. Рогожников, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОБУЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Содержание дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» регламентируется требованиями нормативно-правовых документов, основными из которых являются следующие: Федеральный закон от 21.12.1994 N 68-ФЗ "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера"; Федеральный закон от 12.02.1998 N 28-ФЗ "О гражданской обороне"; Постановление Правительства РФ от 04.09.2003 N 547 "О подготовке населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера"; Постановление Правительства РФ от 02.11.2000 N 841 "Об утверждении Положения о подготовке населения в области гражданской обороны"; "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ; федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования по направлениям подготовки бакалавриата (ФГОС ВО); профессиональные стандарты; профессиональные квалификации; правила по охране труда; "ГОСТ 12.0.004-2015 Организация обучения безопасности труда" и другие. В требованиях к результатам освоения программ бакалавриата ФГОС ВО сформулирована универсальная компетенция по безопасности жизнедеятельности (УК-8 – способность создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций). В ежегодных отчетах ВУЗов по обеспечению мероприятий гражданской обороны и защите от чрезвычайных ситуаций указывается общее количество обучающихся, прошедших подготовку в рамках изучения дисциплины «Безопасность жизнедеятельности».

Нормативные документы предлагают в рамках дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» изучать разделы, связанные с теоретическими основами безопасной техногенной деятельности, обеспечением (созданием и поддержанием) безопасных условий жизнедеятельности в конкретных условиях профессиональной деятельности, оказанием первой помощи пострадавшим, обеспечением пожарной безопасности, обеспечением безопасности в чрезвычайных ситуациях, гражданской обороной.

Таким образом, в рабочих учебных планах количество часов контактной работы при проведении учебных занятий по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» должно быть достаточным для выполнения требований нормативно-правовых документов.

*М.А. Тихомирова, студ.; рук. Е.А. Пышненко, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

В докладе сравниваются возможности систем Bumerang и Moodle при использовании их в качестве электронных образовательных ресурсов (ЭОР) для формирования электронной информационно-образовательной среды вуза. Электронный образовательный ресурс – средство обучения, разработанное и реализуемое на базе компьютерных технологий. ЭОР должен выполнять функции управления обучением, предоставлять возможность проектировать, создавать и в дальнейшем управлять учебными ресурсами, иметь удобный интуитивно понятный интерфейс.

В процессе использования ЭОР учебный курс наполняется содержанием в виде текстов, веб-ссылок, вспомогательных файлов, презентаций, тестов и т.п.

Обе системы Bumerang и Moodle обеспечивают преподавателю возможности организации работы студентов с лекционным материалом, определения темы, цели, задания семинаров, формулировки вопросов для подготовки к семинару, текущему контролю и промежуточной аттестации, проведения консультаций, размещения материалов для самостоятельного изучения, указания ссылок на Internet-ресурсы и литературные источники в электронной библиотечной системе, проведения тестирования, размещения темы для докладов и презентаций.

Однако система Moodle предоставляет преподавателю дополнительные возможности не только выдавать задания студентам, но и составлять календарный план их выполнения, а по результатам выполнения студентами заданий выставлять оценки и давать комментарии, формировать рейтинг студента по выполняемым заданиям [1]. Для доступа к учебному курсу в обеих системах достаточно иметь любой web-браузер, что делает их использование удобным как для преподавателя, так и для обучаемых.

Таким образом, обе системы в полной мере способствуют повышению эффективности обучения.

Библиографический список

1. **Кондрашин, А.В.** Современные технологии высшего профессионального технического образования: Учеб. пособие / А.В. Кондрашин. - ФГБОУВПО "Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина", Иваново, 2013. – 308 с.

*Д.Н. Черанёв, студ.; рук. Е.А. Пышненко, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА И РАЗРАБОТКА МЕР ПО СНИЖЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ДЛЯ РАБОТНИКОВ АО «НОВО-ВЯТКА» Г. КИРОВ

Результаты специальной оценки условий труда применялись для анализа условий труда, оценки и снижения уровней профессионального риска для работников АО «Ново-Вятка» [1], [2].

На основании информации, представленной на сайте предприятия, было установлено, что в процессе проведения специальной оценки условий труда работников АО «Ново-Вятка» было проверено 35 рабочих мест. Выявлено, что 9 рабочих мест из числа проверенных имеют класс условий труда 3.1 и 10 мест - класс условий труда 3.2 [3]. Рабочих мест, подлежащих ликвидации, не имеется. Основными факторами, воздействующими на работников, являются химический фактор, шум, вибрация локальная, тяжесть трудового процесса, аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

Для снижения уровня профессионального риска на рабочих местах с вредными условиями труда применяются средства коллективной защиты, такие, как усовершенствованная система вентиляции для рабочих мест с воздействием на работников аэрозолей преимущественно фиброгенного действия. Наряду с указанными выше мерами предложено применение средств индивидуальной защиты, в частности:

1. Для защиты от шума целесообразно использование берушей или специальных наушников.
2. Защиту слухового анализатора работника от акустического воздействия можно обеспечить с помощью специальных шлемов и касок, которые эффективны при высоких уровнях шума.
3. Для защиты от локальной вибрации необходимо применение антивибрационных перчаток.

Библиографический список

1. **Национальный** стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков. ГОСТ Р 12.0.010-2009 от 01.01.2011 г.
2. **Методика** снижения класса (подкласса) условий труда при применении работниками, занятыми на рабочих местах с вредными условиями труда, эффективных средств индивидуальной защиты. Приказом N 976н Минтруда и соцзащиты РФ от 5.12.2014 г.
3. **Официальный** сайт АО «Ново-Вятка» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nmz.ru/buh>

*Т.А. Шарова, студ.; рук. К.В. Чернов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ВОДОГРЕЙНОЙ КОТЕЛЬНОЙ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ

Котельная с водогрейными котлами КВ-Г-7,56-95Н относится к опасным производственным объектам [1], так как в ней используется природный газ, способный возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

Операторы котельной в соответствии с профстандартом [2] при выполнении трудовой функции «Контроль и управление работой котельного агрегата» должны знать действие на человека опасных и вредных факторов, возникающих во время работы водогрейного оборудования. Достоверную информацию об условиях труда на рабочем месте обязан предоставлять работодатель. Организация, эксплуатирующая водогрейную котельную, при получении сведений об условиях труда должна проводить идентификацию опасностей [3].

Анализ производственной деятельности, предшествующий идентификации, предполагает подробное и обстоятельное рассмотрение технологии производства тепловой энергии.

Научная задача заключается в разработке компьютерной программы для анализа производственной деятельности. В компьютерной программе котельная с водогрейными котлами представляется техногенной системой, основными отношениями в которой являются антропотехнетическое взаимодействие и процессы техногенного воздействия. Системнологическое представление водогрейной котельной позволяет проводить идентификацию техногенных опасностей.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 21.07.1997 №116-ФЗ (ред. от 29.07.2018) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс. – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (15.01.2020).
2. Профессиональный стандарт «Работник по эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением, котлов и трубопроводов пара», утв. пр. Минтруда №1129н от 24.12.15. [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс. – <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=193899&fld=134&dst=100001,0&md=0.9524950470540782#08744364286604552> (15.01.2020).
3. ГОСТ 12.0.230.4-2018 «Системы управления охраной труда. Методы идентификации опасностей на различных этапах выполнения работ» [Электронный ресурс] // Росстандарт. – <http://old.gost.ru/wps/portal/pa>

*М.С. Колосова, студ., К.А. Огорельцева, студ.;
рук. А.К. Соколов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

СТРУКТУРА УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЭКОСИСТЕМЫ «ОЗЕРО»

Повышение уровня управления экологической безопасностью является одним из способов снижения воздействий техносферы на окружающую среду. В работе предлагается более детальная, чем в [1] схема управления экосистемой «Озеро» (рис.).

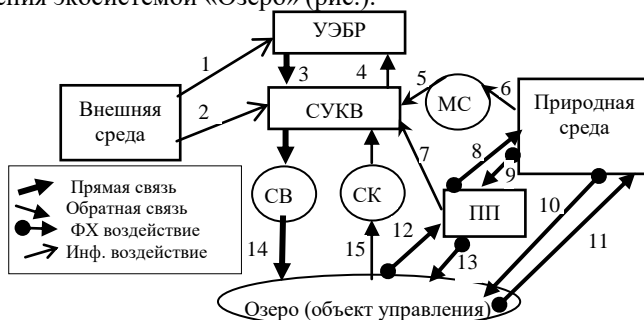


Рис. Структура и взаимосвязи системы управления экосистемой: УЭБР – управление экологической безопасностью региона; СУКВ – субъект управления качеством воды в озере; МС – система мониторинга параметров природной среды; СВ – средства воздействия (подкачка, сброс воды, аэрация); СК – средства контроля состояния озера; ПП – промышленные предприятия; ФХ – физико-химическое

Поясним объекты и взаимосвязи системы управления на рис.

1 – Бюджеты региона, выделенные внешней средой для УЭБР. 2 – Курсы валют, стоимость энергии. 3 – Средства на поддержание благосостояния озера. 4 – Информация о состоянии озера, количестве потраченных средств. 5, 6 – Цифровые и физические данные мониторинга. 7 – Информация о работе ПП. 8 – Загрязнение природной среды отходами. 9 – Изъятие ресурсов. 10 – Изъятие чистой воды и O_2 . 11 – Сброс воды из озера, выделение CO_2 . 12 – Забор воды. 13 – Загрязнение воды и сброс ее. 14 – Подкачка, сброс, аэрация воды. 15 – Отчеты о состоянии озера для оценки его экологической безопасности.

Описанная структура управления уже используется на занятиях в курсах «Экология» и «Управление техносферной безопасностью».

Библиографический список

1. Соколов А.К. Оценка и обеспечение экологической безопасности: учеб.-метод. пособие/ ФГБОУВО "Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина". – Иваново, 2016. – 148 с.

СЕКЦИЯ 12
МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ

Председатель –
д.т.н., профессор **Тихонов А.И.**

Секретарь –
к.п.н., доцент **Шмелева Г.А.**

*Е.Д. Гандурин, И.А. Овсянников, студ.; рук. М.С. Фадеева, преп.
(МК ИГЭУ, г. Иваново)*

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ПОСТОЯННОГО МАГНИТА НА СТРУКТУРУ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

При разработке магнитных методов неразрушающего контроля актуально исследование магнитных полей объектов разной формы. Высокая степень намагниченности новых материалов ставит задачу поиска новых форм (конструкций) магнитов. Одним из критериев оптимальности выбора является структура магнитного поля в рабочем объеме.

Постоянный магнит представляет собой источник магнитного поля с распределенными параметрами. В качестве объектов исследования были рассмотрены различные конфигурации магнитов (рис.1). Намагниченность во всех случаях была стандартной и принята $7,5 \cdot 10^5$ А/м.

Результаты расчета напряженности магнитного поля теоретической модели магнита в аналитическом виде для оси симметрии Z дают:

$$H(z) = \frac{M}{6} \left(1 + 2 \left(\frac{a}{z} \right)^3 + 2 \left(1 + \left(\frac{a}{z} \right)^2 \right)^{3/2} - 3 \left(1 + \left(\frac{a}{z} \right)^2 \right)^{1/2} \right).$$

Модуль AC/DC в интерактивной среде COMSOL Multiphysics позволяет построить магнитное поле модели рис.1. Сравнение аналитического и численного расчетов приведено на рис.2. Расхождение результатов наблюдается ближе к поверхности магнита.

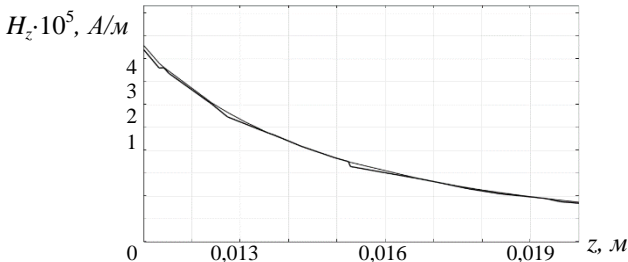


Рис.1 Модель магнита

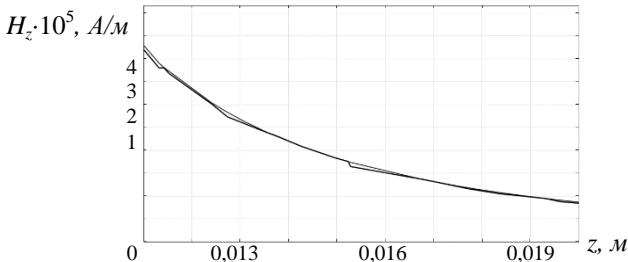


Рис.2 Сравнение аналитического и численного расчетов

Таким образом, можно сделать вывод об эффективности применения компьютерных программ для расчета магнитных полей.

*Е.И. Герасимов, аспирант; рук. К.Х. Гильфанов, д.т.н., проф.
(КНИТУ, г. Казань)*

НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИНАРНЫХ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

В сверхкритических флюидных (СКФ) средах меняя термодинамические параметры можно управлять растворимостью веществ в растворах. Использование СКФ сред позволяет получить известные выгоды в извлечении компонентов и пропитке материалов, получении микро- и наночастиц [1]. Проведение экспериментов требует использование специализированных недешевых стендов. Моделирование СКФ явлений затруднено сложностью физических процессов. Определенный выход предлагают искусственные нейронные сети (ИНС), свободные от фундаментальных основ СКФ явлений.

Предполагается использовать ИНС в качестве платформы обработки данных и процесс машинного обучения для воспроизведения алгоритмов расчета на основе табличных экспериментальных термодинамических параметров. Структура показана на рисунке 1.

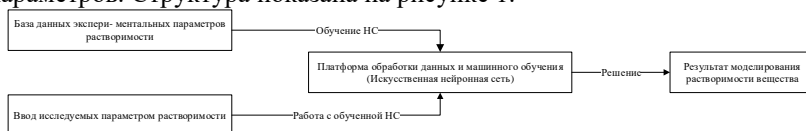


Рисунок 1. Упрощенная структура метода измерений с использованием нейронных сетей

В ИНС входным слоем – принимаются параметры, взвешивая входные данные. Скрытые слои (нейроны) принимают решения, взвешивая результаты первого слоя принятия решений и обрабатывают их по внутренним алгоритмам. Таким способом второй слой решает на более сложном и абстрактном уровне, по сравнению с первым. Что позволит решать сложные задачи. Многослойная сеть сможет заниматься воспроизведением различных исследуемых результатов моделирования растворимости вещества в потоке СК диоксида углерода, что упростит в реализации процессы извлечения технологических примесей [2].

Библиографический список

1. Гумеров Ф.М., Сабирзянов А.Н., Гумерова Г.И. СУБ-м сверхкритические флюиды в процессах переработки полимеров.:ФЭН, 2007. 265-300с.
2. Жерон А. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow.: Диалектика, 2018. 257-264с.

*Е. А. Дементьев, студ.; рук. В.Г. Комин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ ТЕРМОМЕТРИИ

Во многих отраслях промышленности возникает необходимость в бесконтактном контроле температуры. Когда требуется непрерывное бесконтактное измерение температуры объектов, излучающих электромагнитные волны оптического диапазона, решением может служить система технического зрения (СТЗ) реального времени, оснащенная камерой с цветным матричным приёмником излучения.

Оптико-электронная система измерения температуры на основе цветной ПЗС матрицы может быть построена по принципу пирометра спектрального отношения. На изображении выделяется участок объекта излучения, по которому рассчитывается суммарное значение яркости пикселей матрицы по различным цветовым каналам, которое пропорционально скалярному произведению спектральной чувствительности приемника излучения и спектральной яркости источника света. По отношению суммарных значений яркости на выбранном участке в различных каналах рассчитывается значение температуры объекта. Поскольку для определения температуры необходимо регистрировать лишь относительную интенсивность излучения в разных участках спектра, геометрические размеры объекта и расстояние до него не влияют на результат.

В результате численного моделирования получена зависимость отношения интенсивностей излучения R_R/R_G для температур от 1200 до 2600 К в диапазоне длин волн от 400 до 700 нм с учетом реальных спектральных характеристик красного (R) и зеленого (G) светофильтров матрицы Sony ICX285AQ. Построены зависимости $T = f(R_R/R_G)$ для АЧТ и вольфрама.

Экспериментальная проверка разработанной методики была проведена с использованием камеры с интегрированным процессором, что позволяет проводить обработку и анализ изображения непосредственно в камере и получать данные в режиме реального времени. Для определения температуры исследуемого объекта (вольфрамовой нити накаливания) суммировались значения яркости в красном и зеленом каналах выбранного участка изображения и производился расчет согласно полученной зависимости $T = f(R_R/R_G)$.

Предварительные экспериментальные результаты подтверждают возможность измерения температуры при помощи СТЗ с цветным матричным приёмником излучения.

*М.А. Дмитриева студ.; рук. И.А. Щербатов, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ»)*

РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ

В энергетике существует большое число процессов, которые характеризуются различными видами неопределенности. Это означает, что для решения прикладных задач, необходимо применять подходы, которые предоставляют исследователю эффективный инструментарий для построения полных и непротиворечивых моделей рассматриваемого процесса. Успешное решение ряда задач в энергетике обусловлено наличием технической диагностики, характеризующей актуальное техническое состояние оборудования.

В работе описана структурная схема системы поддержки принятия решений для повышения эффективности реализации мероприятий по управлению техническим состоянием оборудования энергетике, обеспечивающая своевременность проведения мероприятий по техническому обслуживанию и ремонтам. Для решения задачи построения онтологии использован метод структурирования информации о процессах технического обслуживания и ремонта оборудования энергетического предприятия [1]. Реализованная и описанная в работе онтологическая модель представляет собой совокупность иерархических конфаймент-моделей процессов, участвующих в поддержании надлежащего технического состояния.

Конфайнмент-моделирование помогает исключить эксперту второстепенные факторы и сосредоточиться на тех, которые действительно оказывают влияние на управление производственными объектами. Данный подход позволяет выявить неочевидные влияющие факторы и ключевые моменты взаимосвязи оборудования до того, как это станет очевидным на практике.

В работе описаны все этапы создания онтологической модели с использованием прикладного программного продукта Protege.

Библиографический список

1. Проталинский О.М., Ханова А.А., Щербатов И.А., Проталинский И.О., Кладов О.Н., Уразалиев Н.С., Степанов П.В. Онтология процесса управления ремонтами в электросетевой компании//Вестник МЭИ. 2018. № 6. С. 110-119.

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

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

«Цифровые двойники» – это семейства сложных мультидисциплинарных математических моделей с высоким уровнем адекватности реальным материалам, реальным объектам, физико-механическим процессам, описываемых нестационарными нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных, обеспечивающие отличие между результатами виртуальных испытаний и натуральных испытаний в пределах $\pm 5\%$ [1]. Обычно для создания цифровых двойников используются 3D-модели физических полей, но в некоторых случаях (например, при моделировании электрических машин) достаточная для расчетов точность может быть достигнута и при использовании 2D-моделей физических полей.

Технологию создания цифровых двойников предлагается использовать для исследования шаговых двигателей (ШД).

ШД являются синхронными бесщёточными двигателями (рис. 1). В настоящее время использование таких двигателей набирает обороты благодаря развитию, удешевлению и уменьшению размеров электронных компонентов, необходимых для управления ими.

Преимуществом ШД является дискретность. Каждый оборот разбит на угловые шаги, позволяющие с высокой точностью управлять вращением (перемещением).

Объектом исследований является двухфазный ШД 86HS78 с фланцем 86 мм, управляемый драйвером DM860. Угловой шаг электропривода составляет $1,8^\circ$.

Создание цифрового двойника шагового двигателя поможет разработать рекомендаций по совершенствованию конструкции объекта, выбору двигателей, совершенствованию структуры электропривода.

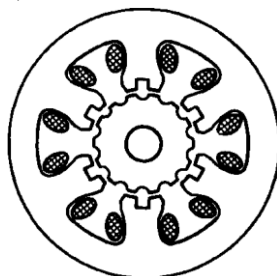


Рис.1. Конструкция шагового двигателя

Библиографический список

1. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «новые производственные технологии». М.: 2019. 53 с.

Ю.Н. Кони́на, Т.С. Миронова, И.С. Прусов, студ.;
рук. Н.Г. Демьянцева, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

МОДЕЛЬ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ»

Данную модель лабораторной работы можно использовать при изучении законов сохранения момента импульса тела и системы тел относительно неподвижной точки, а также закона сохранения механической энергии при поступательном и вращательном движении твердого тела. Эта версия является модернизацией работы «Определение скорости пули при помощи баллистического маятника». Баллистический маятник заменен на физический маятник в виде однородного стержня (в дальнейшем можно использовать и другие более сложные формы физического маятника), что позволяет расширить теоретическую и экспериментальную часть работы, исследуя вращательное движение твердого тела относительно неподвижной оси. На базе данной работы также можно составить различные экспериментальные задачи по данной теме.

Работа содержит теоретическое введение (вывод расчетных формул), экспериментальную часть, в которой дается краткая инструкция по порядку выполнения действий и выбору начальных условий эксперимента, а также контрольные вопросы, связанные с теоретической и экспериментальной частью работы.

Для создания виртуальной лабораторной работы нами математически была смоделирована ситуация выстрела пули из ружья, неупругий удар пули и физического маятника, отклонение физического маятника в результате удара. Из эксперимента определяется угол отклонения физического маятника от вертикали. Используя расчетные формулы из теоретического введения, можно определить скорость пули. Среда разработки C++, поддерживается на всех версиях ОС Windows.

Кроме виртуальной работы собрана реальная установка. В ней неупругий удар пули заменен на неупругий удар шарика математического маятника. Отклоняя математический маятник на разные углы от вертикали и, фиксируя угол отклонения физического маятника после удара, можно экспериментально определить скорость шарика перед ударом, момент инерции физического маятника и т.д. Сравнив их с теоретическими значениями, можно подтвердить или не подтвердить правильность предложенной модели при выводе расчетных формул.

*С.С. Коновальцева, студ.; рук. А.И. Александров, д.ф.-м.н., проф.
(ИвГУ, г.Иваново)*

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ПЛЕНОК ЛЕНГМЮРА-БЛОДЖЕТТ

Пленками Ленгмюра-Блоджетт или LB-пленками называются мономолекулярные или многослойные пленки, перенесенные с границы раздела вода/воздух на твердую подложку. Тонкие пленки Ленгмюра-Блоджетт представляют большой интерес для главных областей науки: химии, биологии, физики [1].

Исследование структурно-фазовых превращений проводят по зависимостям поверхностного давления от площади на молекулу (π -A изотермам). В ряде случаев для определения фазовых составляющих монослоя используют представление π -A изотерм в координатах Фольмера $\pi \cdot A = f(\pi)$ [2]. В этом случае конденсированные фазы монослоя должны выглядеть в виде линейных участков разного наклона, но так как переходы между ними являются достаточно плавными, то границы фазовых переходов будут определяться точками пересечения продолжений к этим прямолинейным участкам. Визуальное выявление линейных участков может быть затруднительно. Корректное выделение этих участков может быть проведено программным способом с использованием численных методов.

Разработанный программный комплекс позволяет анализировать экспериментальные данные, выводить на экран изотермы исходной $\pi=f(A)$ и перестроенной в координатах Фольмера по заданному коридору ошибок и производить автоматическое разбиение кривой на линейные участки, которые определяются методом наименьших квадратов и построением пересечений линейных отрезков с обозначением параметров границ фазовых переходов на исходной π -A изотерме. При этом рассчитывается фактор достоверности (R-фактор). Если R-фактор оказывается в пределах погрешности эксперимента менее 0.05, можно считать, что аппроксимация кривой прямолинейными участками адекватна.

Библиографический список

1. Molecular engineering for advanced materials / eds. J. Becher, K. Schamburg // NATO ASI Series. Series C: Math. and Phys. Sci. 1995. Vol. 1995. P. 68-92.
2. Volmer M.Z. // Z. Phys. Chem. 1952. Vol. 115. P. 253.

А.А. Кудряшов студ.; рук. Г.А. Шмелева, к.пед.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ СИЛЫ НИКОЛАЕВА

Анализ концепций электродинамики и причин ее парадоксальности дает возможность совершенствования и перспективу создания непротиворечивой электромагнитной теории. Г.В. Николаевым уже предлагалась такая теория «среды физического вакуума», базирующаяся на принципе близкодействия и существовании двух типов магнитных полей и двух типов магнитных взаимодействий - поперечных и продольных, так в [1] изложены 49 экспериментов и 21 парадокс, которые могут быть объяснены новой теорией.

В докладе рассматриваются электродинамические силы, открытые Г.В. Николаевым. Одна из них, называемая «градиентной силой Николаева» ответственна за возникновение потенциальной магнитной ямы при взаимодействии магнитов.

Два расположенных на одной плоскости прямоугольных магнита с разноименными полюсами (рис.1) притягиваются друг к другу. Если к одному из магнитов сверху и снизу приложить еще 6-8 магнитов, то сила притяжения между одиночным магнитом и составным увеличивается. Однако при сближении магнитов сила магнитного притяжения сначала растет, а затем уменьшается и обращается в силу отталкивания (рис.2, рис.3). Между магнитами возникает «потенциальная магнитная яма Николаева». При значительном количестве магнитов в двух составных магнитах с разнонаправленными магнитными потоками (для достаточно длинных магнитных стержней) сила магнитного взаимодействия магнитов оказывается только силой отталкивания вместо первоначального притяжения.

Техническое применение явления уже нашлось. Как минимум простая игрушка – «паровоз», тянущий три вагона, соединенных между собой только воздушным промежутком.

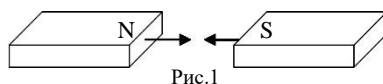


Рис.1

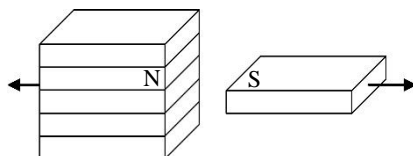


Рис.2

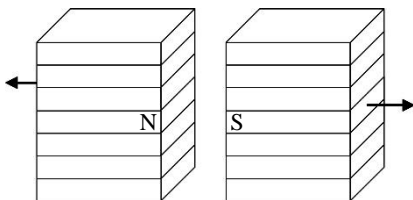


Рис.3

Библиографический список

1. Николаев Г.В. Современная электродинамика и причины ее парадоксальности. – Томск: Твердыня, 2003. – 149 с.

*С.А. Куликов, студ.; рук. Г.А. Шмелева, к.пед.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭИОС ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ФИЗИКЕ

Информационные технологии позволяют качественно изменить процесс обучения и контроль его результатов. В вузах России электронное обучение осуществляется с использованием современных систем дистанционного обучения таких, как Moodle, «Прометей», WebTutor и др. Широкое распространение получает внедрение электронно-информационных обучающих сред (ЭИОС). На современном этапе ЭИОС превратилась в необходимый и обязательный элемент в образовательной системе. Это отразилось в федеральном законе об образовании и в образовательных стандартах.

Целью нашей работы является разработка методических материалов по физике для студентов 1-2 курсов, которые были бы эффективными в ЭИОС «Бумеранг», используемой в учебном процессе ИГЭУ. Появляется новая технология обучения. Изменяется роль лекций, материал учебной дисциплины размещается в ЭИОС вуза и открыт через дистанционные технологии для всех студентов. Роль преподавателя меняется. На первый план выходят разработка электронных курсов и проведение практических занятий и консультаций. В рамках этой системы возможно установление дистанционной связи между преподавателем и студентами.

В организации учебного процесса появляются новые формы занятий: видеолекции и вебинары, онлайн консультации, групповые проекты, виртуальные лаборатории. Возрастает роль самостоятельной работы студентов. ЭИОС позволяет собрать всю необходимую для обучения информацию в одном месте, что на порядок сокращает время поиска необходимой информации.

В ЭИОС возможно как размещение различных документов (списки литературы, учебники, расписание работы лабораторий, примеры экзаменационных билетов, лекции), так и размещение различных видеоматериалов. Одну из самых интересных возможностей является возможность создания контролей, который можно проходить прямо на сайте.

При помощи контролей возможно решение студентами задач на поставленные темы и выявление слабо освоенные области, которые затем можно закрыть на уроках с преподавателем.

Применение возможностей ЭИОС позволит изменить самостоятельную работу студента, учитывая интерес молодежи к новым компьютерным методам обучения и хорошее знание компьютера.

Е.А. Кульпина, Н.В. Силкина, студ.;
рук. М.В. Дмитриев, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

УЧЕБНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ГАЗОВ

Быстрое определение плотности газов с погрешностью 1-2 % удобно производить методом истечения газов через одно и тоже малое отверстие. Процедура определения сводится к измерению времен t_b и t_x протекания через одно и тоже отверстие равных объемов газов, плотность, одного из которых – чаще всего воздуха – известна, а плотность другого должна быть определена. Времена протекания газов пропорциональны квадратным корням из их плотностей:

$$\frac{t_b}{t_x} = \sqrt{\frac{\rho_b}{\rho_x}} \Rightarrow \rho_x = \rho_b \frac{t_x^2}{t_b^2},$$

где ρ_b – плотность воздуха, ρ_x – плотность газа.

Установка предназначена для экспериментов в учебной лаборатории с газами, находящимися при атмосферном давлении с применением отверстий диаметром 0,1 – 0,01 мм. Длина свободного пробега молекул меньше диаметра отверстий, поэтому к процессу протекания газа через отверстие применимы законы гидродинамики. Процесс происходит под повышенным давлением газа над атмосферным давлением на 10 – 30 сантиметров водяного столба; давление контролируется U-образным манометром. В сосуде с газом давление создается объемным поршнем, наполняемым водой из сосуда Мариотта, что позволяет контролировать объем вытекающего газа с погрешностью менее одного процента. Плотность воздуха на момент проведения экспериментов определяется взвешиванием [1].

Эксперименты проводились с воздухом, углекислым газом и гелием, были получены вполне удовлетворительные результаты. Установка может использоваться в лабораторном практикуме.

Библиографический список

1. А.С. Сучков, Е.А. Кульпина, М.В. Дмитриев Определение плотности газа методом взвешивания. 14 МНТК «Энергия-2019»: Матер. конф. Т 2. – Иваново. 2019. – с. 79.

*Н.В. Могилевец, студ.; рук. Н.В. Прохорова, ст. препод.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИМИТАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ НА ВИРТУАЛЬНОМ ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ

Виртуальный лабораторный стенд (ВЛС), разработанный в ИГЭУ представляет собой систему, позволяющую в игровом режиме проводить исследования, соответствующие программам лабораторных работ по курсу физики (часть 2). В частности, в настоящее время разработан лабораторный практикум по физике, позволяющий проводить работы как на реальном оборудовании, установленном в лаборатории электромагнетизма кафедры физики, так и с использованием ВЛС.

Однако функционал ВЛС постоянно расширяется. Так, на базе элемента «резистор» (рис. 1,а) был разработан новый прибор – «терморезистор» (рис. 1,б), дополненный виртуальным нагревательным элементом. В качестве параметров данного прибора можно задать не только величину сопротивления при 20°C , но и температурный коэффициент, а также сопротивление нагревательного элемента, постоянную времени, коэффициент передачи терморезистора и т.п. Это позволяет исследовать температурную зависимость проводника.

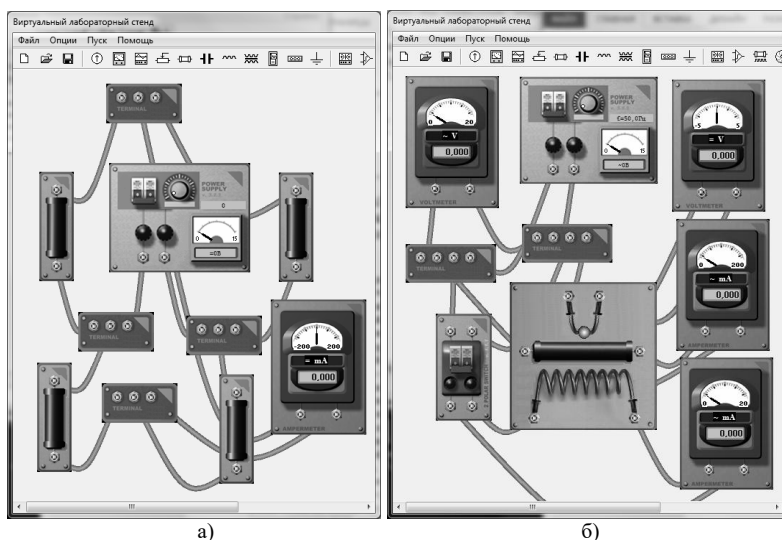


Рис. 1. Имитация физического эксперимента в среде ВЛС

В.М. Морозов, студ.; рук. О.А. Кабанов, к.ф.-м.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИМИТАЦИЯ В MATLAB ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ

Одной из тенденций развития высшей школы является совмещение традиционных форм обучения с новейшими достижениями в области компьютерных технологий. В частности, предлагается дополнить традиционный лабораторный практикум по электромагнетизму виртуальными работами, реализованными с использованием математического пакета MatLab. Например, работу по моделированию электрического поля на полупроводящей пластине можно дополнить исследованием модели, построенной на основе метода конечных разностей (рис. 1). Для этого расчетная область разбивается на квадратные ячейки размером $h \times h$. Узлам сетки, попадающим в область электродов, выполненных из проводникового материала, присваиваются условия Дирихле с заданными значениями электрического потенциала φ таким образом, чтобы разность потенциалов между электродами равнялась заданной. На границе расчетной области также задаются условия Дирихле со значениями потенциала, равными половине разности потенциалов между электродами. В остальных узлах потенциал находится по итерационной формуле $\varphi_k = (\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4) / 4$, где φ_i – потенциалы в узлах сетки по соседству с k -м узлом. Эквипотенциалы рассчитанного электрического поля приведены на рис. 1.

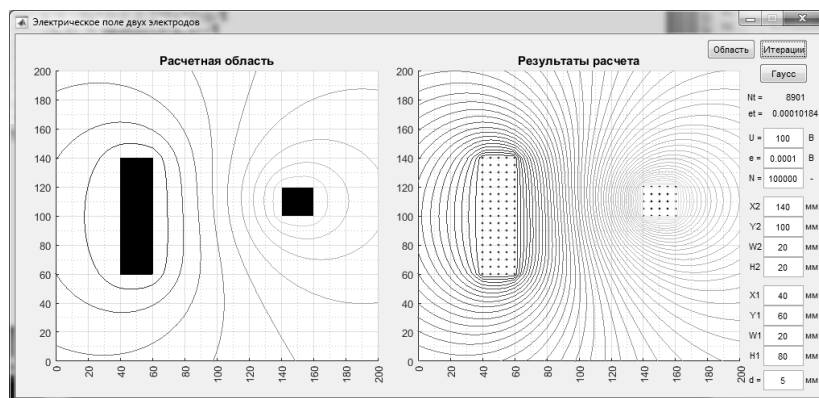


Рис. 1. Система имитации электрического поля в MatLab

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

РАЗРАБОТКА КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Для изучения переходных процессов (ПП) в целях создания цифровых двойников трансформаторов необходимо устройство, которое позволит собирать большой объем данных. Так, для изучения режим холостого хода (ХХ) необходимо минимум 6 каналов (три канала для измерения тока, и три – для измерения напряжения). Для измерения ПП при пуске под нагрузкой и в опыте КЗ необходимо 12 каналов. Время измерений – несколько десятков секунд. Частота выборки – не менее 1000 точек за полупериод. Доступные цифровые осциллографы с данной задачей не справляются.

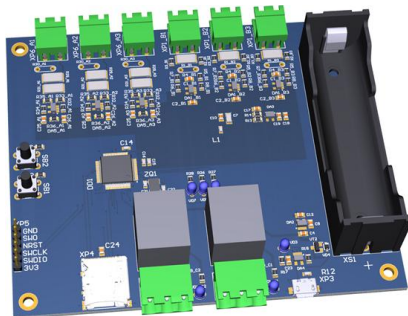


Рис.1. Плата контроллера

Решено разработать плату сбора данных, на базе микроконтроллера STM32F730R8T6 с характеристиками: 32bit, 216MHz, 276kB ОЗУ, 12bit АЦП, 16 каналов АЦП. Так как объем регистрируемых данных получился внушительным, решено записывать их на SD карту. Создание первого прототипа на 6 измерительных каналов (рис. 1) позволило получить данные для изучения включения трансформатора на ХХ. При этом выявлено несовершенство конструкции. Так, для дальнейших экспериментов необходимо увеличение измерительных каналов с 6 до 13. Скорости записи данных на карту при увеличении каналов более чем в 2 раза не хватит – необходимо использовать встроенный модуль FLASH памяти с большей скоростью передачи данных. Каналы измерения напряжения в прототипе были сделаны гальванически не развязанными. С учетом выводов, сделанных на основе первого прототипа сейчас в разработке находится следующая версия устройства сбора данных, с более высокими характеристиками, которая позволит проводить исследования не только с трехфазными трансформаторами, но и с другими сложными электротехническими и электромеханическими объектами, необходимые для создания их цифровых двойников.

М.Е. Попов, А.С. Кокнаев, студ.; рук. Г.А. Шмелева, к.пед.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ШРЕДИНГЕРА В MATLAB 9.6

В последнее время численные методы часто используются при решении квантовомеханических задач. Применяя их, можно решать более широкий класс задач, чем при помощи аналитических методов. Преимуществом аналитических методов является то, что они дают общее решение задачи, но численные методы позволяют исследовать проблемы, которые не могут быть описаны аналитическими методами.

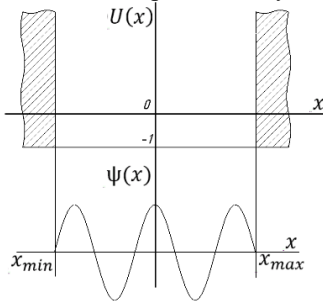


Рис. 1.

```
function z = U(x,Xmin,Xmax)
if and(Xmin<=x,x<=Xmax)
z=-1;
else
z=10^309;
end
```

Рис. 2.

Пусть частица движется в одномерном потенциале $U(x)$, форма которого представлена на рис.1. В точках x_{min} , x_{max} потенциал становится бесконечно большим. Решение одномерного стационарного уравнения Шредингера легко получить аналитически, если исходное уравнение записать в безразмерном виде:

$$\frac{d^2\psi(\tilde{x})}{d\tilde{x}^2} + \gamma^2 (\tilde{E} - \tilde{U}(\tilde{x}))\psi(\tilde{x}) = 0.$$

Для нахождения численного решения уравнения используем одну из программ MATLAB 9.6. Код, возвращающий значение потенциала, приведен на рис.2. Интегрирование проводилось методом Нумерова [1].

Ознакомившись с численным методом решения уравнения Шредингера, мы показали совпадение численного решения с известным аналитическим решением для потенциала $U(x) = -1$ (рис.1). Полученные результаты свидетельствуют о применимости использованного метода для исследования задач квантовой физики, в частности, решались задачи для одномерных потенциалов $U(x)$ разного вида $\left(\frac{kx^2}{2}, \frac{kx^2}{2} + bx^3, |x|\right)$.

Библиографический список

1. Поршнев С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB: Учебное пособие. 2-е изд., испр. — СПб.: Издательство «Лань», 2011. — 736 с.

*М.А. Симонов, А.С. Сучков, студ.; рук. М.В. Дмитриев, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ДАТЧИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ТОКА СМЕЩЕНИЯ

В плоском конденсаторе магнитное поле создается током проводимости, протекающим в подводящих проводах и током смещения, протекающим между обкладками перпендикулярно к ним. Поле тока смещения вытесняется на кромку обкладок, его величина меньше поля тока проводимости. Проблема измерения малого магнитного поля тока смещения на фоне магнитного поля тока проводимости решается направлением магнитных полей этих токов во взаимно перпендикулярных направлениях: ток проводимости течет вдоль обкладок, ток смещения перпендикулярно обкладкам.

Датчик для определения магнитного поля тока смещения изготовлен в виде длинного тонкого плоского соленоида, намотанного по схеме Роговского, он может реагировать только на магнитное поле, направленное вдоль его оси. Конденсатор прямоугольной формы, длинная сторона его больше длины датчика. Располагается датчик вдоль длинной кромки конденсатора на минимально расстоянии от нее. Магнитное поле в конденсаторе возникает при его зарядке или разрядке; наводимый в датчике индукционный ток измеряется баллистическим гальванометром. На поле тока проводимости датчик не реагирует.

Калибровка датчика производится магнитным полем, создаваемым длинным тонким соленоидом диаметром три миллиметра, в два раза меньшим ширины датчика. Поле в соленоиде создается при разрядке через него конденсатора. Используются несколько конденсаторов емкостью от 0,01 до 1 микрофарады. Для зарядки конденсаторов используется регулируемый источник с напряжением 0 – 75 В. Датчик располагается над соленоидом параллельно ему, расстояние между ними может изменяться от 0 до 2 мм.

*С.А. Судоргин, к.ф.-м.н, доц.; рук. Н.Г. Лебедев, д. ф.-м.н., проф.
(ВолГАУ, г. Волгоград)*

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХСЛОЙНЫХ ГРАФЕНОВЫХ НАНОЛЕНТ С УЧЕТОМ ОДНОАТОМНОЙ АДСОРБЦИИ ВО ВНЕШНЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Исследование термоэлектрических характеристик новых углеродных материалов является одной из ключевых задач при проектировании и модернизации компонентов нанoeлектронных устройств, в том числе сенсоров, сконструированных на базе углеродных нанотрубок и графеновых нанолент. Однослойные и многослойные графеновые наноленты могут использоваться в качестве основы сверхчувствительных сенсоров для детектирования отдельных молекул химических веществ [1].

В рамках данной работы показано, что дифференциальная термоэдс двухслойных графеновых нанолент с адсорбированными на их поверхности атомами водорода нелинейно зависит от напряженности внешнего постоянного электрического поля, а в сильном поле для всех рассмотренных типов двухслойных лент термоэдс стремится к постоянному значению.

Обнаружено, что с ростом ширины графеновых нанолент дифференциальная термоэдс возрастает по абсолютной величине, что объясняется увеличением числа квантовых состояний электронов в зоне проводимости.

Адсорбция атомарного водорода на поверхности нанолент незначительно снижает по абсолютной величине дифференциальную термоэдс как в однослойных так и в двухслойных графеновых нанолентах, при этом качественно не изменяется характер зависимости термоэдс от напряженности внешнего постоянного электрического поля. Зависимости термоэдс от напряженности внешнего электрического поля построены и проанализированы для лент различной ширины.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-42-343001).

Библиографический список

- 1. Варламов А.А., Кавокин А.В., Лукьянчук И.А., Шарапов С.Г.** Аномальные термоэлектрические и термомагнитные свойства графена. УФН, 2012, т. 182, № 11, стр. 1229-1234.

*Т.Д. Торопов, студ.; рук. Е.В. Смельчакова, к.ф.-м.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО ДВИЖЕНИЮ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Виртуальная лабораторная работа по движению заряженной частицы в магнитном поле реализована в Mathcad v.14. Особенностью данной лабораторной работы является её доступность для каждого студента ввиду распространённости и популярности программы Mathcad, в простоте использования и возможности визуализации траектории полета заряженной частицы в магнитном поле.

Задавая известные параметры: заряд частицы (q), массу частицы (m), начальную скорость (v_0), индукцию магнитного поля (B), угол вылета (α) и время наблюдения (t) – можно построить траекторию полета заряженной частицы и определить характеристики движения: период (T), шаг винтовой линии (h) и максимальное отклонение. Полученную траекторию можно рассматривать как в плоскости, так и в пространстве. Траектории полета электрона в плоскости при разных начальных условиях показаны на рис.1 и рис.2.

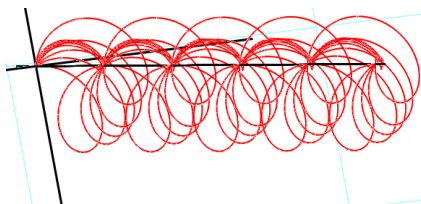


Рис. 1.

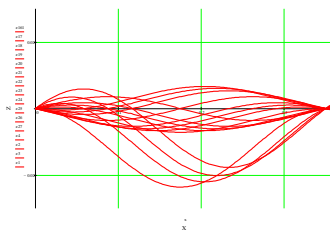


Рис. 2.

Изменяя начальные параметры, можно создать бесконечное число траекторий и сравнивать их друг с другом. Можно установить зависимость траектории от нескольких параметров и сделать соответствующие выводы.

Данная лабораторная работа должна обеспечить хорошее понимание физического явления студентом.

Библиографический список

1. Л.А. Арцимович, С.Ю. Лукьяненко Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Учебное пособие. Наука М. 1978 г. 224 с.

А.А. Трифонов, студ.; рук. Е.В. Смельчакова, к.ф.-м.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА НА ОСНОВЕ ЗАКОНА «ТРЕХ ВТОРЫХ»

Рассмотрены опыты по определению удельного заряда электрона методом вакуумной электроники, связанным с «законом трех вторых». Для лучшего представления физических процессов построены графики в программе Microsoft Excel 2010. При обработке результатов экспериментов графики были интерполированы, найдены области выполнения закона «трех вторых» (рис.1).

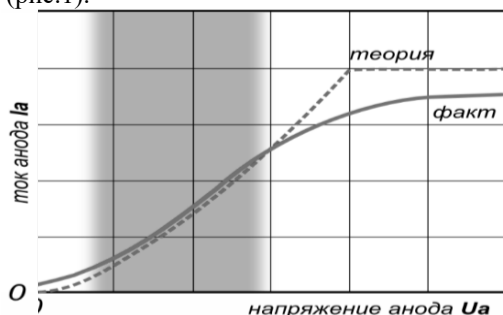


Рис.1.

В работе исследуется зависимость прямого тока, проходящего через вакуумный диод, от напряжения на нём. Физический интерес представляет область напряжения, в которой пространственный заряд (электронное облако) существенно влияет на электрическое поле между катодом и анодом, препятствующее движению электронов, испущенных катодом, и часть их возвращается на катод. В этом случае величина тока пропорциональна напряжению на диоде в степени $3/2$;

$$I = \frac{4\varepsilon_0 S}{9d^2} \sqrt{\frac{2e}{m}} U^{3/2}.$$

Полученная формула подсказывает процедуру измерения удельного заряда электрона. Для этого надо построить график зависимости тока от $U^{3/2}$, который является прямой, проходящей через начало координат. Угол наклона этой прямой пропорционален квадратному корню из e/m . Цель работы состоит в измерении удельного заряда электрона по вольт-амперной характеристике диода в области, описываемой законом «трех вторых».

*В.А. Усанов, студ.; рук. И.М. Бернадинер, к.т.н., доц
(НИУ “МЭИ”, Москва);
рук. А.В. Стародумов*

(ОКБ им А. Люльки – филиал ПАО “ОДК-УМПО”, Москва)

МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАДАЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «STAR-CCM+»

В связи с развитием компьютерных технологий и методов численного моделирования, появились возможности и средства для решения разного рода инженерных задач. Такие задачи характерны тем, что они имеют практическую ценность. Целями решения инженерной задачи являются:

- 1) создание или оптимизация конструкции изделия, так как внесение изменений в конструкцию объекта и проведение испытаний потребуют больших временных и экономических затрат;
- 2) минимизация затрат на производство;
- 3) разработка нового технологического процесса.

Поэтому для выполнения всех поставленных целей необходимо довести результаты до конкретных цифр, графиков, и таблиц, чтобы в дальнейшем принять технически взвешенное и обдуманное решение [1].

Инженерные задачи характеризуются большим объёмом вычислений, следовательно, необходимо использование сложных математических моделей и соответствующего программного обеспечения. Одной из таких программ является мощный программный комплекс Star-CCM+, который имеет широкий функционал, чтобы решать любые современные задачи, от расчётов на прочность до гидрогазодинамических расчётов в газотурбинных установках и т.д.

Для рассмотрения возможностей программного комплекса была выбрана задача моделирования процессов, протекающих в камере сгорания авиационного двигателя. В рамках задачи модернизации конструкции камеры сгорания, в том числе и форсуночных устройств оценивается полнота и эффективность сгорания топлива. В дальнейшем планируется перевод газотурбинного двигателя с жидкого топлива на газообразное с целью создания наземной газотурбинной установки.

Библиографический список

1. **Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В.** Вычислительные методы для инженеров. М: Высшая школа, 1994. 544с.

Ю.А. Филимонова, асп.;
рук. А.А. Друзева, магистр (ИГХТУ, г. Иваново)
С.М. Кузьмин, к.х.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново, ИХР РАН, г. Иваново);
В.И. Парфенюк, д.х.н., проф. (ИХР РАН г. Иваново)

ЭЛЕКТРОХРОМИЗ ПОЛИФЕНИЛПОРФИРИНОВЫХ ПЛЕНОК, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ

Развитие методов формирования полимерных покрытий и композитов [1, 2] позволяет придавать защитному материалу дополнительные функциональные или эстетические характеристики. Ранее нами разработан метод инициированного супероксид анион-радикалом электрохимического осаждения прекурсоров из растворов диметилсульфоксида, приводящий к формированию компактных полипорфириновых пленок на различных поверхностях. Полученные полипорфириновые пленки могут применяться в качестве фото-датчиков, компонентов защитных органических покрытий [3] и активных элементов «умного стекла».

В настоящей работе методом электрохимического осаждения из растворов в диметилсульфоксиде были получены полипорфириновые плёнки на основе (гидроксифенил) порфиринов. Спектральные исследования полученных плёнок показали, что порфириновые фрагменты сохраняются в полученных полипорфириновых плёнках и связаны между собой С-О-С мостиками.

При проведении спектроскопических исследований полипорфириновых пленок использовали ацетонитрил в качестве инверсионной среды. При варьировании потенциала наблюдалось изменение спектральных характеристик плёнок, которое выражалось в изменении, как интенсивности, так и положения пиков. Проведённое исследование показало влияние структуры порфирина на электрохромные свойства полипорфириновых плёнок.

Библиографический список

- 1. Филимонова Ю.А., Чуловская С.А., Кузьмин С.М., Парфенюк В.И. ПМ. 2019. С. 1-6.**
- 2. Чуловская А.Л., Вавилова С.Ю., Шитов Д.Ю., Кравченко Т.П. Успехи в химии и химической технологии. 2012. Т. XXVI, № 4 (133). С. 127-130.**
- 3. Филимонова Ю.А., Холодков И.В., Чуловская С.А., Кузьмин С.М., Парфенюк В.И. Гальванотехника и обработка поверхности. 2019. Т. 27, № 4. С. 12-18.**

Д.В. Степанычев, В.С. Шагушин, студ.;
рук. И.П. Игошин, к.ф.-м.н, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ ВОЛОКНИСТОЙ СРЕДЫ

В работе излагаются результаты усовершенствования геометрических моделей пульпозного ядра (ПЯ) межпозвонкового диска, изложенных в [1]. В новых вариантах моделей теоретическое значение проницаемости модели зависит от диаметра волокна, который, в свою очередь, определяется набором гиалуроновых кислот различной молекулярной массы (от 0.2 до 3.0 МДа). Эти модели предназначены для оценки состояния ПЯ, выбора препаратов терапевтического воздействия и прогнозирования результатов лечения. При практическом применении, используется модель с проницаемостью наиболее близкой к ее экспериментальному значению, измеренному во время пункционной декомпрессивной нуклеопластики межпозвонкового диска [1].

Модель представляет собой поперечное сечение цилиндрического образца заполненного волокнами одинакового диаметра (рис. 1). Волокна

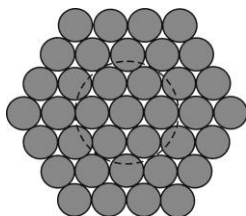


Рис. 1.

параллельны оси цилиндра, а их количество в реальной ситуации более 70000. Проницаемость модели (k), определяемая как отношение свободной от волокон площади к количеству всех элементов, составляющих эту площадь, равна $k = a \cdot S_{вн} + b \cdot S_{зр}$, где $S_{вн}$ – площадь элемента внутри образца, $S_{зр}$ – площадь элемента на границе образца (пунктирная линия), a и b – безразмерные весовые коэффициенты.

Если $S_{вн}$ зависит только от диаметра волокна, то $S_{зр}$ зависит еще и от диаметра образца который, в свою очередь, определяется количеством волокон. Весовые коэффициенты a и b зависят от количества волокон в модели так, что при увеличении количества волокон a увеличивается, а b уменьшается.

Целью настоящей работы является определение количества волокон в модели, при котором для расчета проницаемости можно использовать приближенную формулу $k \approx S_{вн}$ с известной погрешностью. Это существенно упрощает моделирование состава волокна.

Библиографический список

1. Смирнов В.П., Литвинова Н.А., Жуков В.П., Игошин И.П. Диагностика, моделирование и коррекция давления внутри межпозвонковых дисков. Российский нейрохирургический журнал. Том X, № 3-4, 2018, с 61-67.

*Ю.П. Юренков, асп., Д.Н. Елисеев, маг.;
рук. Д.С. Александров, к.т.н. доц. (УлГТУ, г. Ульяновск)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКЛЮЧЕНИЯ СВЕРХТОКОВ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЯМИ

Реализация перспективных схемных решений электрических систем зависит от наличия сильноточных и токоограничивающих электрических аппаратов. Ограничение очень больших токов короткого замыкания (КЗ) можно получить за счёт совместной работы предохранителя и выключателя. Появились конструкции жидкометаллических плавких предохранителей (ЖМП) многократного действия с возможностью самовосстановления. Современный уровень знаний не позволяет построить обобщенную математическую модель ЖМП пригодную для получения инженерной методики расчёта процесса ограничения КЗ цепи.

Предложена математическая модель ЖМП с полным преобразованием жидкометаллического плавкого элемента пригодная для описания процесса отключения предельных значений токов КЗ низковольтной цепи переменного тока. Модель ЖМП отключения сверхтока представляется вольтсекундной характеристикой $u = f(t)$ нагретого жидкого металла и собственно дуги совместно с шунтирующим резистором, обеспечивающим снижение перенапряжений в момент образования дуги. Зависимость $U = f(t)$ формируется в виде ломанной кривой из отрезков линий, пересечение которых даёт характерные узловые, то есть своеобразные реперные точки. Значение напряжений характерных точек определяется произведением значения тока на значение сопротивления в реперной точке. Работу ЖМП можно представить тремя этапами: преддуговой, основной дуговой и завершающий дуговой. На преддуговом этапе первая реперная точка с координатами (U_1, t_1) определяется током КЗ и сопротивлением жидкого металла перед расплавлением. Вторая точка относится к дуговому этапу. Она имеет координаты (U_2, t_2) , определяемыми пропускаемым током и значением перенапряжения, являющегося следствием действия пинч эффекта. Сопротивление в момент времени t_2 фактически равно значению шунтирующего сопротивления. Третья точка относится к завершающему дуговому этапу и её координаты (U_3, t_3) . Сопротивление в момент времени t_3 фактически равно значению шунтирующего сопротивления. Координаты четвёртой точки (U_4, t_4) определяется переходом ограниченного тока КЗ через нуль. Сопротивление в момент времени t_4 фактически равно значению шунтирующего сопротивления. Предлагаемая модель ЖМП успешно проверена на предохранителях серии PPF.

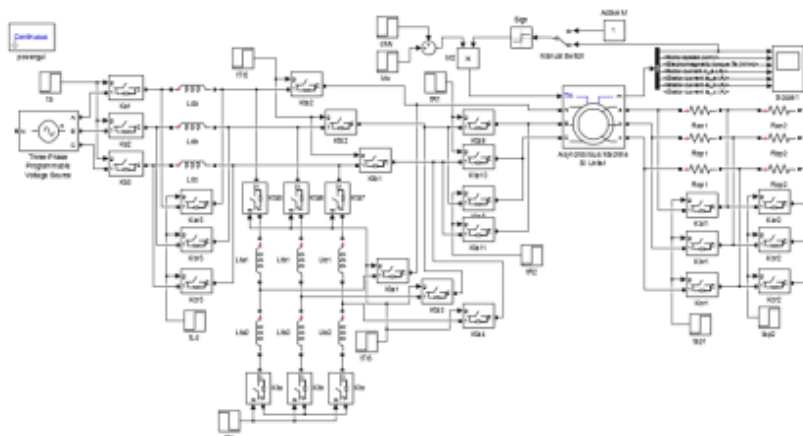
Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90307.

*В.Е. Розин, студ.; рук. Е.Г. Розин, к.ф.-м.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ПЛАВНОГО ПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА В СРЕДЕ MatLAB

Проблема плавного пуска электродвигателей актуальна по сей день. Устройства плавного пуска на базе силовых тиристоров из-за большого количества электронных компонентов в своей конструкции имеют ограниченное применение с двигателями большой мощности, а также они имеют сравнительно низкую надежность.

Необходимость использования таких устройств диктуется стремлением уменьшить пусковые токи электродвигателей и возникающие большие механические нагрузки на ротор двигателя. Предлагаемое в работе устройство плавного пуска на основе переменной индуктивности, включаемой последовательно с электродвигателем, позволяет снизить пусковые токи и ударные механические нагрузки, сопровождающие процесс прямого пуска. За счет использования данного устройства обеспечивается приемлемое время выхода двигателя на номинальную частоту вращения ротора, сопоставимое с аналогичным временем при существующих способах пуска. В работе производится сравнение прямого пуска электродвигателя с пуском через моделируемое устройство для нескольких вариантов конструкции устройства. В результате моделирования получены зависимости пускового тока и механического момента от времени, а также время пуска двигателя при наличии устройства и в отсутствие его. Сделаны выводы о целесообразности использования устройства плавного пуска и его эффективности.



Содержание

<i>Секция 9. Атомные электрические станции</i>	3
Артемьева А.О., Селезнев Н.А. Модернизации процесса оценки изменений при проектировании АЭС	4
Баринов А.А., Коновалов И.А., Макаров М.А. Расчетно-экспериментальное исследование гидродинамики стратифицированных потоков для прогнозирования термодинамических нагрузок в ЯЭУ; рук. Бородин С.С.	
Баринов А.А., Коновалов И.А., Чесноков А.А. Валидация моделей неравновесного газовыделения в контурах ЯЭУ с газовой системой компенсации давления; рук. Хробостов А.Е.	6
Баринов А.А., Коновалов И.А., Чесноков А.А. Исследование корреляционных методов диагностики расхода теплоносителя в элементах ЯЭУ; рук. Хробостов А.Е.	7
Баринов А.А., Чесноков А.А., Макаров М.А. Сравнительный анализ методов настройки регулятора тепловой мощности в области энергетической промышленности; рук. Легчанов М.А.	8
Березин А.А., Миронченков С.Р., Сатаев А.А. Исследование процессов смешения применительно к шаровым ТВЭЛ; рук. Дунцев А.В.	9
Ботенов И.И. Моделирование и анализ процессов, происходящих при попадании в реактор пузыря «чистого» конденсата; рук. Семенов В.К.	10
Волков Е.С. Модернизация оборудования ЛАЭС2; рук. Зорин М.Ю.	11
Волкова О.Ю., Солунина О.М. Моделирование процесса аварийного расхолаживания реактора в программном пакете Mathcad; рук. Семенов В.К.	12
Григорьев Н.М. Концепция паровой турбины для АЭС на СКД параметры пара; рук. Митрохова О.М.	13
Гришин А.Л. Разработка проекта установки остекловывания кубового остатка, образующегося на АЭС с реактором ВВЭР; рук. Степанов В.Ф.	14
Ершова Э.С. Выбор схемы промперегрева для турбины К-800-130 энергоблока с реактором БН-800; рук. Ильченко А.Г.	15
Комков И.А. Повышение безопасности Калининской АЭС в части утилизации жидких радиоактивных отходов; рук. Зорин М.Ю.	16
Константинов И.И. Системы теплового аккумулирования на АЭС с ВВЭР; рук. Ильченко А.Г.	17
Коротков Е.А. Анализ эффективности интеграции газотурбинной установки в тепловую схему АЭС с реактором ВВЭР-1200; рук. Ильченко А.Г.	18
Кузнецов В.М. Система удержания и охлаждения расплавленной активной зоны; рук. Андрианов С.Г.	19
Левин М.Ю. Система пассивного отвода тепла; рук. Андрианов С.Г.	20
Локоть А.Ю. Верификация математической модели ТВЭЛА в среде COMSOL MULTIPHYSICS по экспериментальным данным; рук. Горбунов В.А.	21
Макаров И.Н., Шустов А.А. Разработка программы для расчета технологических систем ЭБ АЭС; рук. Работаяев В.Г.	22
Мамедов Э.А., Алексеев И.В. Конструктивное совершенствование регулирующего клапана приводной турбины питательного насоса; рук. Лоншаков Н.А.	23
Мартьянов В.А. Анализ эффективности методов профилирования ступеней большой веерности; рук. Шошин В.Г.	24
Молоскин А.Е. Оценка критичности кориума при аварии в ВВЭР; рук. Парамонова И.Л.	25
Муртазов М.А. Эффективность комбинирования АЭС с системой теплового аккумулирования; рук. Аминов Р.З.	26
Родионов И.А., Попов М.Е., Зубов Н.В. Аппроксимация зависимостей некоторых теплофизических свойств водяного пара; рук. Иванова Н.Б.	27
Сатаев А.А., Новиков Д.И., Березин А.А. Исследование процессов смешения	

неизотермических потоков при несимметричном подводе теплоносителя; рук. Андреев В.В.	28
Сахипгареев А.Р. Определение физико-химических свойств борной кислоты применительно к аварийному охлаждению ВВЭР; рук. Морозов А.В.	29
Сидоров Н.М., Степанов И.А. Повышение эффективности вывода из эксплуатации АЭС с энергетическими уран-графитовыми реакторами; рук. Новикова О.В.	30
Фомичев Д.О. Уменьшение тепловой неравномерности в парогенераторах АЭС с ВВЭР; рук. Степанов В.Ф.	31
Чигирева Д.В. Дальнее теплоснабжение от АЭС; рук. Ильченко А.Г.	32
<i>Секция 10. Теплообмен в промышленных установках</i>	33
Грошева А.В., Гусева В.М. Определение коэффициента температуропроводности отходов; рук. Габитов Р.Н.	34
Белов А.С., Петрунин К.И. Методика расчёта радиационной рекуперативной трубы направленного излучения; рук. Горин О.И.	35
Галимова А.Р., Мубаракшин Б.А. Улавливание дисперсных капель в контактных устройствах; рук. Мадьшев И.Н.	36
Ильина А.Н., Тюрин И.А. Использование продуктов пиролиза для производства модифицированной керамики; рук. Долинин Д.А.	37
Кобзева А.А. Определение коэффициентов переноса в задачах сложного теплообмена; рук. Глазов В.С.	38
Колотвин А.В., Агафонов И.Д. Влияние вибраций на теплообмен в условиях пассивного охлаждения; рук. Криницкий Е.В.	39
Крайнов В.В., Суманеева К.В. Определение удельной теплоемкости модифицированной керамики; рук. Колибаба О.Б.	40
Малов А.А., Рузанов И.А. Определение коэффициента теплопроводности модифицированной керамики; рук. Долинин Д.А.	41
Медведева Н.Д., Кожевников В.А. Моделирование процесса рекуперации паров нефти путем холодного орошения; рук. Гаряев А.Б.	42
Морозова П.Д. Методика расчёта выхода газа в процессах окислительного пиролиза твёрдых органических отходов; рук. Горин О.И.	43
Назаров Д.А. Способы повышения эффективности работы печи; рук. Гусенкова Н.П.	44
Новиков Д.И., Обидина К.А. Влияние растворённого газа на теплообмен в транспортной ЯЭУ; рук. Дуншев А.В.	45
Ростовцева И.А. Пористые поверхности теплообмена; рук. Краснова Н.П.	46
Смирнова В.С. Определение теплофизических свойств капиллярно-пористого материала в процессе сушки; рук. Гусев Е.В.	47
Ставровская В.А. Уточнение коэффициента мощности ветроколеса; рук. Пронин В.Ю.	48
Федоров Д.А. Исследование тепломассообмена при испарительном охлаждении циркуляционной воды ТЭС; рук. Сокольский А.И.	49
Шавитова М.О. Совершенствование конструкции термической печи в целях интенсификации теплообмена; рук. Колибаба О.Б.	50
Шанина К.С. Определение продолжительности конвективной сушки керамических изделий на основе золоотвалов ТЭС; рук. Жбанова Е.В.	51
Шуляева Е.А., Кемская Ю.А. Об особенностях использования парогазовых установок; рук. Нагорная О.Ю.	52
Носков А.В. Моделирование процесса теплообмена в рекуператоре; рук. Колибаба О.Б.	53
<i>Секция 11. Безопасность жизнедеятельности в техносфере</i>	54
Белов Е.А. Разработка компьютерной программы, по специальной оценке, условий труда в цехе обжига клинкера цементного завода; рук. Чернов К.В.	55
Грибова А.А. Прошлое и будущее городского освещения; рук. Овсянников Ю.М.	56
Гусева Н.В. Анализ несчастных случаев на объектах энергетики; рук. Овсянников Ю.М.	57

Зинченко П.С. Применение средств виртуальной обучающей среды Moodle для организации учебной деятельности студентов; рук. Пышненко Е.А.	58
Кочеткова Е.Н. Анализ условий труда и разработка мер по снижению профессионального риска работников филиала «Ивэнерго» МРСК Центра и Приволжья; рук. Пышненко Е.А.	59
Молодцова В.А. Гражданская жизнь ПШУ УР-100к; рук. Овсянников Ю.М.	60
Морозова К. А. Шумовое загрязнение при аварийных работах на городских инженерных сетях; рук. Овсянников Ю.М.	61
Мухина А.И. Оценка влияния суммации вредного действия веществ в сточной воде на их нормативную степень очистки; рук. Соколов А.К.	62
Огорельцева К.А. Оценка экономической эффективности утилизации макулатуры и полимеров в Ивановской области; рук. Соколов А.К.	63
Попова Е.А. Компьютерное представление технологии производства тепловой энергии в паровой котельной для идентификации вредных и опасных производственных факторов; рук. Чернов К.В.	64
Преображенский Д.И. Разработка компьютерной программы по специальной оценке условий труда в цехе помола цементного завода; рук. Чернов К.В.	65
Пряхин Д.Н. Исследование влияния химических красителей на человека; рук. Строев В.П.	66
Пучкова Н.В. Оценка индивидуального профессионального риска столяра-станочника; рук. Горбунов А.Г.	67
Ракутин И.Р. Формализация правил, запрещающих сбросы сточных вод в водоёмы рыбохозяйственного назначения; рук. Соколов А.К.	68
Корнилова М.А., Фонарева О.Е. Информационные технологии в области охраны труда; рук. Рогожников Ю.Ю.	69
Почкина Ю.А. Разработка системы управления индивидуальным профессиональным риском в ИГЭУ; рук. Горбунов А.Г.	70
Рогожкина С.А. Оценка индивидуального профессионального риска электросварщика; рук. Горбунов А.Г.	71
Сидоров А.В. Учет поверхностного эффекта при проектировании зануления; рук. Горбунов А.Г.	72
Сидоров Н.М., Степанов И.А., Ивков М.И. Обеспечение радиационной безопасности при транспортировании и хранении облучённого графита; рук. Ившин А.В.	73
Сизарев Р.С. Исследование безопасности сотовых телефонов; рук. Горбунов А.Г.	74
Смородинова Е.А., Макулова Е.И. Обучение безопасности жизнедеятельности; рук. Рогожников Ю.Ю.	75
Тихомирова М.А. Применение электронных образовательных ресурсов для повышения эффективности учебного процесса; рук. Пышненко Е.А.	76
Черанёв Д.Н. Анализ условий труда и разработка мер по снижению профессионального риска для работников АО «Ново-Вятка» г. Киров; рук. Пышненко Е.А.	77
Шарова Т.А. Компьютерное представление технологии производства тепловой энергии в водогрейной котельной для идентификации вредных и опасных производственных факторов; рук. Чернов К.В.	78
Колосова М.С., Огорельцева К.А. Структура управления экологической безопасностью экосистемы «озеро»; рук. Соколов А.К.	79
<i>Секция 12. Моделирование физических процессов</i>	
Гандурин Е.Д., Овсянников И.А. Влияние формы постоянного магнита на структуру магнитного поля; рук. Фадеева М.С.	80
Герасимов Е.И. Нейросетевое моделирование термодинамических характеристик бинарных сверхкритических растворов диоксида углерода; рук. Гильфанов К.Х.	82
Дементьев Е.А. Применение системы технического зрения для оптической термометрии; рук. Комин В.Г.	83
Дмитриева М.А. Разработка онтологической модели для системы поддержки принятия	

решений; рук. Щербатов И.А.	84
Жолобов А.А. Разработка цифрового двойника шагового двигателя; рук. Тихонов А.И.	85
Конина Ю.Н., Миронова Т.С., Прусов И.С. Модель лабораторной работы по теме «Законы сохранения в механике»; рук. Демьянцева Н.Г.	86
Коновальцева С.С. Разработка программного комплекса для исследования структурно-фазовых превращений пленок Ленгмюра-Блоджетт; рук. Александров А.И.	87
Кудряшов А.А. Электродинамические силы Николаева; рук. Шмелева Г.А.	88
Куликов С.А. Использование ЭИОС для организации самостоятельной работы по физике; рук. Шмелева Г.А.	89
Кульпина Е.А., Силкина Н.В. Учебная лабораторная установка для определения плотности газов; рук. Дмитриев М.В.	90
Могилевец Н.В. Имитация лабораторной работы по моделированию электрических цепей на виртуальном лабораторном стенде; рук. Прохорова Н.В.	91
Морозов В.М. Имитация в MATLAB лабораторной работы по моделированию электрического поля с использованием метода конечных разностей; рук. Кабанов О.А.	92
Подобный А.В. Разработка контроллера для создания цифровых двойников силовых трансформаторов; рук. Тихонов А.И.	93
Попов М.Е., Кокнаев А.С. Численный метод решения уравнения Шредингера в MATLAB 9.6; рук. Шмелева Г.А.	94
Симонов М.А., Сучков А.С. Датчик для определения магнитного поля тока смещения; рук. Дмитриев М.В.	95
Судоргин С.А. Термоэлектрические характеристики двухслойных графеновых нанолент с учетом одноатомной адсорбции во внешнем электрическом поле; рук. Лебедев Н.Г.	96
Торопов Т.Д. Виртуальная лабораторная работа по движению заряженной частицы в магнитном поле; рук. Смельчакова Е.В.	97
Трифонов А.А. Определение удельного заряда электрона на основе закона «трёх вторых»; рук. Смельчакова Е.В.	98
Усанов В.А. Методы компьютерного моделирования для решения инженерной задачи с применением программного комплекса «STAR-CCM+»; рук. Бернадинер И.М., Стародумов А.В.	99
Филимонова Ю.А. Электрохромиз полифенилпорфириновых пленок, полученных методом электрохимического осаждения; рук. Друзева А.А., Кузьмин С.М., Парфенюк В.И.	100
Шагушин В.С., Степанычев Д.В. Моделирование проницаемости волокнистой среды; рук. Игошин И.П.	101
Юренков Ю.П., Елисеев Д.Н. Моделирование отключения сверхтоков жидкометаллическими предохранителями; рук. Александров Д.С.	102
Розин В.Е. Моделирование устройства плавного пуска электродвигателей переменного тока в среде MatLAB; рук. Розин Е.Г.	103
<i>Содержание</i>	<i>104</i>

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ

Пятнадцатая всероссийская (седьмая международная)
научно-техническая
конференция студентов, аспирантов и молодых учёных
«ЭНЕРГИЯ-2020»

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Печатается в авторской редакции

Составитель – Вольман М.А.

Подписано в печать _____.2020. Формат 60x84 1/16.

Печать плоская. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л.

Тираж экз. Заказ №

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический
университет имени В.И. Ленина».

Отпечатано в УИУНЛ ИГЭУ

153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34.