

ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ

И Э И ЭНЕРГИЯ-2018

ТРИНАДЦАТАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ

3-5 апреля 2018 г.
г. Иваново

ТОМ 2

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

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

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ

«ЭНЕРГИЯ-2018»

ТРИНАДЦАТАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ

г. Иваново, 3-5 апреля 2018 года

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ТОМ 2

ИВАНОВО

ИГЭУ

2018

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

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ // Тринадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2018»: Материалы конференции. В 6 т. Т. 2. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2018. – 96 с.

ISBN 978-5-00062-358-9
ISBN 978-5-00062-357-2(Т.2)

Тезисы докладов студентов, аспирантов и молодых учёных, помещенные 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: ТЮТИКОВ В.В., проректор по научной работе.

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

Члены научного комитета: Плетников С.Б. – декан ТЭФ; Андрианов С.Г. – декан ИФФ; Сорокин А.Ф. – декан ЭЭФ; Крайнова Л.Н. – декан ЭМФ; Маршалов Е.Д. – декан ИВТФ; Карякин А.М. – декан ФЭУ.

Ответственный секретарь: Шмелева Т.В.

Координационная группа: Бойков А.А., Вольман М.А., Иванова О.Е., Смирнов Н.Н., Шадриков Т.Е.

СЕКЦИЯ 9
АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

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

Секретарь –
аспирант **Лоншаков Н.А.**

*А.В. Вольский, студ.; рук. А.В. Ившин, ассистент
(СПбПУ Петра Великого, г. Санкт-Петербург)*

СИСТЕМА ПОДОГРЕВА ВОДЫ КОЛЬЦЕВЫХ БАКОВ ЭНЕРГОБЛОКОВ ВВЭР-440 ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В 2018 – 2019 годах завершаются продленные сроки эксплуатации блоков № 1, 2 Кольской АЭС. Одним из условий дальнейшего продления срока эксплуатации является необходимость организовать мероприятия, компенсирующие радиационное охрупчивание металла кольцевых баков (КБ) энергоблоков ВВЭР-440 первого поколения. Этого возможно достичь при поддержании температуры металла на уровне 60°C [1]. Таким образом требуется установка системы подогрева воды КБ до 60°C [2]. Из уравнения теплового баланса было получено, что для обогрева воды КБ необходимая мощность составит 117 кВт.

По результатам оценки способов подогрева воды в кольцевом баке самым эффективным и рациональным решением является система подогрева воды в КБ с выносным электроподогревателем и принудительной циркуляцией [3]. При такой компоновке системы подогрева, подача нагретой воды осуществляется через существующий патрубок заполнения и дренажа. Для отвода воды требуется проделать 3 новые врезки в боковой части бака с противоположной от патрубка подачи стороны.

Для данных параметров системы, разработана схема обогрева КБ, состоящая из двух идентичных петель, каждая из которых способна индивидуально выполнять обогрев КБ в полном объеме. Каждая из петель включает в себя: электронасосный агрегат, промышленный электронагреватель, дренажную систему и систему отведения газов.

Библиографический список

1. **Никитенко М.П.** Методология обоснования продления срока службы опорных конструкций реакторов АЭС с ВВЭР-440: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.14.03, 01.02.04 // [Место защиты: Моск. энергет. ин-т]. - Подольск, 2007. - 19 с.
2. Протокол совещания по системе обогрева кольцевого бака энергоблока № 4 Нововоронежской АЭС и энергоблоков №1,2 Кольской АЭС / Протокол № 199-ТП-851-О от 29.05.2017 // ОКБ «ГИДРОПРЕСС» 2017.
3. **Вольский А.В., Ившин А.В.** Разработка схемы и подбор оборудования системы подогрева воды кольцевого бака реакторов ВВЭР-440 первого поколения // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Институт энергетики и транспортных систем. Ч. 1. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017 с. 103 – 105.

*М.В. Колюшин, асп.; рук. Е.Д. Федорович, д.т.н., проф.
(СПбПУ Петра Великого, г. Санкт-Петербург)*

АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГБЛОКА АЭС «БУШЕР» С УЧЕТОМ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕСНОЙ ВОДЫ

В настоящий момент в мире уже начинает наблюдаться проблема нехватки пресной воды. В частности это касается таких засушливых регионов, как Ближний Восток и Северная Африка. Одним из возможных решений данной проблемы является использование атомной энергии в качестве источника энергии для процесса производства пресной воды (например, с использованием дистилляции или мембранного метода) [1].

В соответствии с данными представленными в [2] в настоящий момент в Исламской Республике Иран производится около 7 литров в сутки пресной воды на душу населения, что не успевает покрывать потребности населения в пресной воде. С учетом того, что на данный момент началось строительство новых двух энергоблоков АЭС «Бушер» с ядерными ректорами типа ВВЭР-1000, актуальным становится вопрос исследования возможности использования энергии (тепловой или электрической), получаемой на АЭС, для производства пресной воды. В первую очередь необходимо проанализировать, как изменятся технико-экономические показатели энергоблока с учетом производства нового продукта на АЭС – пресной воды.

Для решения данной задачи, была создана математическая модель энергоблока АЭС «Бушер» с ПТУ К-1000-60/3000 с использованием программного продукта «UnitedCycle» в двух вариантах: с использованием испарителей мгновенного вскипания и с использованием установок обратного осмоса.

Результаты исследования позволят сделать вывод о целесообразности и возможности использования существующих проектов энергоблоков АЭС с ядерными реакторами типа ВВЭР-1000 для производства пресной воды.

Библиографический список

1. Современное состояние проблемы опреснения морской воды с использованием атомного энергоисточника/ М.В. Колюшин, Е.Д. Федорович, В.В. Сергеев //Иновации в атомной энергетике: сб. докладов конференции молодых специалистов. М.: Изд-во АО «НИКИЭТ», 2017. 968 с.
2. **Наими Аббас.** Моделирование и технико-экономическая оптимизация газотурбинных установок для опреснения морской воды: дис. ... канд. техн. наук. СПбПУ Петра Великого, Санкт-Петербург, 2017.

*Д.А. Николаенков, студ.; М.В. Конюшин, асп.;
рук. Е.Д. Федорович, д.т.н., проф.
(СПбПУ Петра Великого, г. Санкт-Петербург)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕГКОЙ ВОДЫ В КАЧЕСТВЕ ЗАМЕДЛИТЕЛЯ ДЛЯ КАНАЛЬНЫХ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

В настоящий момент в мире принята концепция развития ядерных реакторов в рамках четвертого поколения (GenIV), включающая создание водо-водяного ядерного реактора на сверхкритических параметрах теплоносителя. В рамках данной концепции в России ведутся разработки ядерного реактора типа ВВЭР-СКД. Одной из трудностей разработки данного реактора является изготовление высокопрочного корпуса, способного выдерживать давление порядка 25 МПа.

В свою очередь АО «НИКИЭТ» был предложен концепт-проект канального реактора со сверхкритическими параметрами теплоносителя - реактор типа ВГЭРС (водо-графитовый энергетический реактор со сверхкритическими параметрами теплоносителя) [1]. Данная реакторная установка представляет собой канальный, прямоточный уран-графитовый реактор четвертого поколения, предназначенный для производства электрической и тепловой энергии.

В реакторе ВГЭРС в качестве замедлителя используется графит, имеющий малое сечение поглощения нейтронов, но в то же время имеющий малый коэффициент замедления по сравнению с другими типами замедлителя, что обуславливает большие размеры активной зоны. В связи с этим имеет смысл рассмотреть другие материалы в качестве замедлителя. В данном случае наиболее подходящим является легкая вода, ввиду ее доступности и низкой стоимости.

В рамках работы был проведен нейтронно-физический расчет реактора (на примере ВГЭРС), использующий в качестве замедлителя легкую воду, целью которого было обоснование возможности использования легкой воды как замедлителя в канальных энергетических реакторах.

Библиографический список

1. Водографитовый энергетический реактор со сверхкритическим давлением теплоносителя ВГЭРС/Викулов В.К., Гмырко В.Е., Гроздов И.И., Петров А.А., Финякин А.Ф. В кн.: Водо-водяные энергетические реакторы сверхкритического давления (ВВЭР СКД): Сборник статей и других материалов, 2006. URL: <http://www.twirpx.com/file/974970/> (дата обращения: 25.12.2017).

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СМЕШЕНИЯ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ ОБОРУДОВАНИЯ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Моделирование процессов смешения жидкостей различных по своим физическим параметрам (температура, вязкость, плотность) имеет важное значение для понимания процессов происходящих в основном оборудовании ядерных энергетических установок. Они оказывают существенное влияние на теплотехническую надежность установки, наличие термоциклических пульсаций, безопасность. Современные технологии в области моделирования шагнули далеко вперед. Уже существующие, а также вновь разрабатываемые программные комплексы (CFD-моделирование), нуждаются в верификации. Проведение натурных экспериментов подчас связано со значительными трудозатратами, а иногда и вовсе невозможно, но многие процессы могут быть описаны на уменьшенных моделях и при давлениях близких или даже равных атмосферному. Для моделирования процессов смешения нами были предложены 2 модели. Первая описывает поведение неизотермических потоков с подводом струи снизу в исследуемый объем (кювета смешения). Эта модель визуализировалась с использованием методов тепловизионной съемки. В результате были получены распределения температур вдоль области смешения неизотермических потоков. Также был предложен и апробирован один из способов интенсификации этого смешения (впрыск двухкомпонентного потока (вода+газ(воздух))). Вторая представляет собой уменьшенную модель реакторной установки, представленной одной циркуляционной петлей. Здесь уже исследуются процессы, происходящие при смешении потоков, проходящих через имитацию выемного блока (дырчатый лист). Температурное поле исследуется с помощью термодатчиков, установленных внутри данной модели (в разных точках и на разных уровнях). После проведения экспериментов, полученные результаты будут верифицироваться, и сравниваться с результатами, полученными в программных комплексах вычислительной гидродинамики (CFD).

*Н.А. Селезнев, студ.; М.В. Конюшин, асп.;
рук. Е.Д. Федорович, д.т.н., проф.
(СПбПУ Петра Великого, г. Санкт-Петербург)*

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ЯППУ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ СО СПЕЦИАЛЬНЫМ ПАРОГЕНЕРИРУЮЩИМ ЭЛЕМЕНТОМ

В настоящее время радикальным решением остро стоящей проблемы изоляции от централизованного энергоснабжения некоторых регионов России [1] может стать внедрение АЭС малой (200-300 МВт эл.) и средней (до 500 МВт эл.) мощности, как стационарных, так и плавучих.

Целью работы является разработка интегральной ЯППУ (ИЯППУ) средней мощности со специальным парогенерирующим элементом.

Применение интегральной компоновки для создания блоков обусловлено следующими преимуществами: снижение металлоемкости и повышение надежности и безопасности; возможность работы при естественной циркуляции (ЕЦ) теплоносителя, т.е. отсутствие ГЦН – повышение надежности, снижение затрат на ремонт.

Ввиду применения ЕЦ расход теплоносителя мал (из-за малых его скоростей), поэтому для сохранения тепловой мощности требуется увеличить площадь поверхности теплообмена в первую очередь в модульных прямоточных парогенераторах (ПГ), где температурный напор гораздо меньше, чем в активной зоне. Однако при увеличении площади значительно растет длина трубок, что увеличивает величину гидравлических потерь – важнейший показатель обеспечения ЕЦ.

Для повышения эффективности ПГ был рассмотрен вопрос применения разработанных в 70-х г. в ОАО «НПО ЦКТИ» специальных парогенерирующих элементов конструкции П.М. Парамонова (с двухсторонним обтеканием).

В результате данной работы была выполнена разработка концепции интегральной ЯППУ средней мощности со специальным парогенерирующим элементом с двухсторонним обогревом. Результаты работы могут быть использованы в дальнейшем для повышения эффективности интегральных ЯППУ средней мощности.

Библиографический список

1. Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетики / под ред. А. А. Саркисова. Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. М.: Наука, 2011. 375 с.

С.А. Демьянов, С.А. Кораблев, Е.С. Чижова студ.;
рук. В.К. Семенов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДАВЛЕНИЯ КСЕНОНОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

В больших ядерных реакторах, работающих при высокой плотности потока нейтронов, может возникнуть весьма опасный эффект - появление ксеноновых колебаний и волн. Это явление связано с положительной обратной связью реактивности реактора по ксеноновой составляющей. Если в какой-то области активной зоны реактора возникнет флуктуация, приводящая к росту нейтронного потока, то это приведет к дополнительному выгоранию ксенона и дальнейшему росту нейтронного потока и локального энерговыделения. Если эту флуктуацию не подавить, то процесс будет развиваться, что может привести к тяжелой аварии, связанной с повреждением тепловыделяющих элементов из-за превышения в них пределов линейной и объемной тепловых нагрузок.

Для численных экспериментов по исследованию ксеноновых колебаний предложена модель, позволяющая снять ограничения теории возмущений и рассматривать задачу в её нелинейной постановке. Для этого реактор разделяется на две половины (верхнюю и нижнюю), обмен потоками нейтронов, между которыми осуществляется за счет диффузии нейтронов из одной половины в другую. Возбуждение ксеноновых колебаний в реакторах моделируется за счет возмущения одной из половин введением в нее реактивности регулирующей группой СУЗ, а подавление введенной реактивности моделируется борным регулированием, действующим на обе половины реактора. Поскольку рассматриваются медленные переходные процессы, запаздывающие нейтроны на них влияния не оказывают, и их можно не принимать во внимание. В данном случае шесть групп запаздывающих нейтронов представлены одной эквивалентной группой. Эффект саморегулирования реактора учитывается отрицательной обратной связью по температуре топлива и теплоносителя. Моделирование позволяет определить характер и период колебаний, выбег мощности, перегрев активной зоны и значение аксиального офсета.

В работе предлагается методика подавления ксеноновых колебаний. Суть ее состоит в том, что в рамках рассматриваемой математической модели кривая зависимости реактивности от времени по методу наименьших квадратов аппроксимируется соответствующей аналитической функцией, на основе которой разработана программа подавления ксеноновых колебаний.

Еще одним методом для определения зависимости реактивности от времени является решение обращённого уравнения динамики при задании значений требуемой мощности для верхней и нижней половины реактора.

Библиографический список

1. Семенов В.К. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. –Иваново, ИГЭУ, 2009.
2. Семенов В.К., Вольман М.А. К вопросу о ксеноновых колебаниях в ядерном реакторе// Вестник ИГЭУ. -2015.-№2.
3. Белл Д., Глестон С. Теория ядерных реакторов. – М.: Мир, 2001. – 301 с.

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

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS-FLUENT ДЛЯ РАСЧЕТА ЗАДАЧ СТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТВЭЛОВ

Тепловой режим оказывает большое влияние как на работу реактора в целом, так и на работу его отдельных элементов, что особенно важно для тепловыделяющего элемента (ТВЭЛ). ТВЭЛ является главным конструктивным элементом активной зоны гетерогенного ядерного реактора. В ТВЭЛах происходит деление тяжелых ядер, сопровождающееся выделением тепловой энергии, которая передается теплоносителю. Тепловыделяющий элемент должен обеспечить надежный отвод тепла к теплоносителю от топлива в активной зоне. По этой причине важно правильно рассчитать тепловой режим работы ТВЭЛа в активной зоне. Эту задачу можно решить как аналитически, так и численно. Последний вариант может быть существенно проще в осуществлении и нагляднее, так как позволяет использовать различные программные средства, однако существенно зависит от соответствия используемой модели решаемой задаче.

В данной работе решается задача стационарной теплопроводности ТВЭЛа с внутренним источником теплоты и изучается точность расчета температурного поля с использованием программного комплекса Ansys Fluent в зависимости от числа элементов, на которые разбивается расчетное тело для осуществления расчета. В качестве модели тепловыделяющего элемента используется цилиндр высотой 3,86 м и радиусом 3,8 мм.

По окружности применяются граничные условия третьего рода - ТВЭЛ омывается водой с температурой 592 К, с торцов - условие адиабаты, коэффициент теплообмена со средой $10000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$. Распределение внутренних источников теплоты косинусоидальное с максимальным значением объемного энерговыделения $450 \frac{\text{МВт}}{\text{м}^3}$.

Далее представлен график верификации численного расчета. Верификация проводилась по результатам аналитического решения в зависимости от плотности сетки

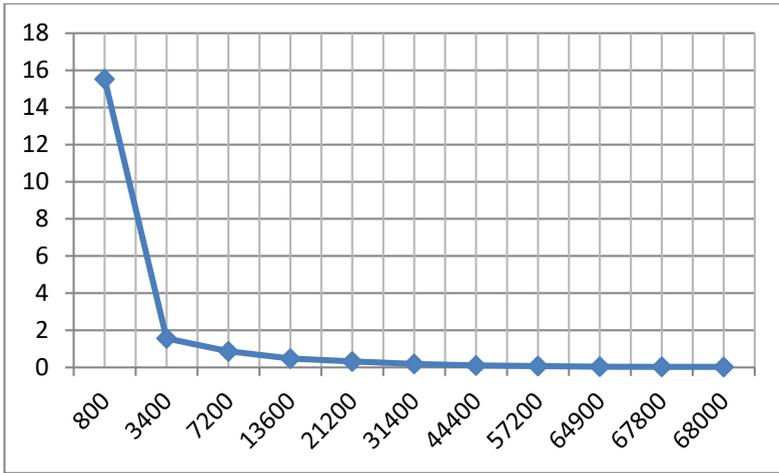


Рис. 1. Зависимость точности решения от плотности сетки

Численное решение рассматриваемой задачи при разбивке ТВЭЛа на 68000 элементов дает погрешность 0,07%. Таким образом можно сделать вывод, что результаты расчета с использованием модели, выполненной в программном комплексе Ansys Fluent, достаточно точно описывает задачу стационарной теплопроводности ТВЭЛа при количестве элементов более 68000

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

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ГАЗООХЛАЖДАЕМЫХ РЕАКТОРОВ

На современном этапе наиболее эффективным источником комплексного производства электрической и высокопотенциальной тепловой энергии являются высокотемпературные реакторы с гелиевым теплоносителем. Выбор гелия обоснован его химической инертностью, хорошими теплофизическими свойствами и взрывобезопасностью.

Существует множество вариантов конструктивных схем ВТГР. Основные различия определяются формой топливных элементов (призматические ТВС или шаровые твэлы). Компоновка реактора и теплообменников может быть блочной, но в настоящее время для обеспечения надежности и безопасности ВТГР проектируются в интегральном варианте. Благодаря высокой температуре на выходе из реактора возможна одноконтурная схема с гелиевой турбиной.

Коэффициент полезного действия энергоблока с высокотемпературным реактором может достигать 42%. Наиболее перспективным представляется объединение ВТГР с газотурбинным или паротурбинным циклом сверхкритических параметров с температурой пара до 600 °С, что обеспечит КПД производства электроэнергии до 50% с одновременным использованием тепловой энергии для высокотемпературных технологических процессов (например, металлургия, нефтехимическая промышленность, производство водорода) и сбросного тепла для коммунального теплоснабжения. Большой отрицательный температурный коэффициент реактивности практически исключает возможность неконтролируемой цепной реакции в случае аварийных ситуаций. Это позволит реакторам ВТГР конкурировать не только с преобладающими в России реакторами типа ВВЭР, но и с электростанциями на органическом топливе.

В настоящее время разрабатываются реакторы ВТГР нового поколения, такие как GT-MHR, RBMR, GTHR-300, обладающие высокими характеристиками эффективности и безопасности. В России разработан проект установки на базе модульного высокотемпературного гелиевого реактора с газовой турбиной МГР-100, имеющий высокий КПД (около 50 %) и повышенную безопасность. Одним из его достоинств является возможность использования высокотемпературного тепла для технологических производств. Особенно привлекательным выглядит использование ВТГР для производства водорода.

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

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЕКТЫ РЕАКТОРОВ КАНАЛЬНОГО ТИПА

Основными преимуществами современных проектов канальных реакторов являются высокая экономичность и повышенная безопасность.

В проекте РУ МКЭР–800 внедрена пассивная система расхолаживания реактора; обеспечиваются отрицательные паровой и мощностной коэффициенты реактивности при снижении расхода теплоносителя; количество независимых петель циркуляции увеличено до четырёх. Этот список преимуществ по безопасности не ограничивается. Отличительной особенностью такого реактора является переход на естественную циркуляцию теплоносителя, что позволяет уменьшить затраты на работу насосов. Кроме МКЭР–800, имеются аналогичные проекты, рассчитанные на мощность 1000 и 1500 МВт [1].

Нельзя оставить без внимания водографитовый реактор со сверхкритическим давлением теплоносителя (ВГЭРС-850). Основной особенностью такого реактора является прямоточное движение теплоносителя в технологических каналах, выполненных по типу трубок Фильда. Вода, поступающая в канал, полностью испаряется и нагревается до 540°C при давлении 24 МПа, что позволяет получить КПД нетто около 43,7%. Для обеспечения надёжной работы в условиях высоких температур используется керметное топливо [2].

Так же был разработан проект канального реактора на быстрых нейтронах (БКР – 1000), позволяющий получить пар высоких параметров [3]. Он не требует замедлителя, что исключает известные проблемы с графитовой кладкой. Благодаря высокой энергонапряжённости, число каналов может быть сокращено до 121, а их высота уменьшена до 150-200 см. Кроме того, жидкометаллический теплоноситель не требует высокого давления. Основными преимуществами перед корпусными реакторами типа БН является возможность перезагрузки топлива на ходу; поканальное регулирование расхода теплоносителя; размещение органов СУЗ в межканальном пространстве и др.

Библиографический список

1. **Габараев Б. А.** Атомная энергетика XXI века: учебное пособие для вузов / Б. А. Габараев, Ю. Б. Смирнов, Ю. С. Черепнин. – М.: Издательский дом "МЭИ", 2013. – 250с.
2. **Викулов В.К., Гмырко В.Е.** ВГРЭС. <http://www.atominfo.ru/news/air5366.pdf>
3. **Пивоваров В.А.** Ядерный реактор с ЖМТ. <http://www.freepatent.ru/patents/2088981>

Д.А. Галата, У.С. Петухова, студ.;
рук. А.Г. Ильченко, к.т.н. доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

БИНАРНЫЙ ЦИКЛ АЭС С ПРИМЕНЕНИЕМ НИЗКОКИПАЩЕГО РАБОЧЕГО ТЕЛА

Целью данной работы является повышение эффективности АЭС и уменьшение металлоемкости паровых турбин, особенно их цилиндров низкого давления (ЦНД) путем использования низкокипящих рабочих веществ (НКРТ). В качестве таких низкокипящих рабочих тел могут использоваться фреоны, аммиак, бутан и другие органические вещества.

Применение веществ с закритическими параметрами в качестве рабочего тела турбин в составе ПТУ АЭС позволяет заменить цилиндры турбины, работающую на водяном паре при низких параметрах, на отсеки турбин, работающие на НКРТ. При температурах низкокипящего рабочего тела, соответствующим температурам на выходе из ЦНД современных мощных турбин, работающих на водяном паре, давление на выходе из турбины значительно выше атмосферного. Это позволяет отказаться от системы воздухоотсасывающих устройств в конденсаторе. Кроме того удельные объемы пара НКРТ при типичных значениях температур на выходе из турбины в сотни раз меньше, чем для водяного пара. Таким образом, при использовании НКРТ возможно значительное сокращение размеров (число ступеней, высоты лопаток и число цилиндров) турбоагрегатов.

В данной работе рассматривалась бинарная энергоустановка на базе реактора РБМК-1000. Рабочее тело верхнего цикла - вода, нижнего - тетрафторэтан. Выбор тетрафторэтана (R-134a) обусловлен тем, что он совместим с большинством традиционно используемых конструкционных материалов, включая стали. Также этот фреон нетоксичен и не воспламеняется.

Рассматриваемая установка работает следующим образом. Насыщенный водяной пар на выходе из реактора поступает в часть высокого давления (ЧВД) и в парифреоновый перегреватель. На выходе из ЧВД отработанный пар поступает в водофреоновый парогенератор, из которого после перегрева он поступает на вход фреоновой турбины. После конденсации он вновь поступает в водофреоновый парогенератор.

В работе произведен расчет тепловой схемы энергоустановки и определены показатели ее тепловой экономичности.

*М.Ф. Аббас, студ.; В.В. Белов, студ.; рук. Г.В. Разоренов
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АНАЛИЗ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РОССИЙСКОГО ПРОЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА АЭС В ЕГИПТЕ

Рост мирового рынка сооружения АЭС усиливает конкуренцию между основными участниками этого рынка. В работе исследуется вопрос, в чем преимущество российского проекта сооружения атомной станции в Египте перед зарубежными конкурентами.

Сегодня на мировом рынке сооружения АЭС активны пять компаний: Росатом (Россия), AREVA-«Mitsubishi Heavy Industries» (Франция-Япония), «Toshiba» - «Westinghouse» (Япония-США), КЕРСО (Корея) и CNNC (Китай). На различных стадиях реализации находятся проекты строительства 80 энергоблоков

Основные тенденции технологического развития атомной отрасли: обеспечение безопасности АЭС; создание проектов энергоблоков нового поколения с улучшенными технико-экономическими показателями, комплексный подход к технологическому процессу эксплуатации.

Анализ деятельности зарубежных компаний позволяет сделать вывод: лидером по количеству сооружаемых энергоблоков АЭС вместо США и Франции в настоящее время становится Россия. Госкорпорация «Росатом», является единственной в мире компанией, владеющей активами и компетенциями во всех звеньях производственно-технологической цепочки атомной энергетики, предлагая услуги на весь жизненный цикл АЭС.

Основные преимущества российского проекта строительства четырех атомных блока ВВЭР-1200 поколения "3+" в Египте[1]:

- референтный проект под ключ – не только строительство станции, ее обслуживание и топливообеспечение, но и подготовка кадров (1711 специалистов);
- более низкие цены, чем у конкурентов, государственная поддержка, по причине недостатка собственных средств на сооружение АЭС и создания атомной инфраструктуры Египту будет предоставлен экспортный кредит объемом 25 млрд долларов;
- контракт предусматривает, что на базе каждого реактора будет построено по заводу опреснения морской воды.

Библиографический список

1. АЭС нового поколения. URL:http://www.niaep.ru/guest/npp_safety/new_generation_npp/. (Дата обращения 12.01.2018)

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

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС С РЕАКТОРАМИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В РОССИИ

При эксплуатации АЭС первоочередная задача – это предотвращение аварий.

Одним из основных направлений повышения безопасности современных реакторных установок является применение принципа самозащитенности, а также наличие нескольких барьеров безопасности и многократное дублирование каналов безопасности. Применяются как активные, так и пассивные системы безопасности. Приоритет в обеспечении безопасности реакторов нового поколения должен принадлежать пассивным системам. По такому пути идет в настоящее время реакторостроение в России. Примеры: ВВЭР-1200, ВВЭР-ТОИ, ВБР-600 и другие. Важная роль должна также отводиться созданию эффективных эксплуатационных процедур.

Другое важное направление – широкое внедрение принципов культуры безопасности. При этом необходимо, чтобы культура безопасности действовала на всех этапах жизненного цикла: от выбора площадки (обязательно только в тех местах, где отсутствуют запрещающие факторы) до вывода из эксплуатации. Во многом благодаря сочетанию этих элементов опыт стабильной эксплуатации реакторов типа ВВЭР составляет уже более 1400 реакторо-лет.

Наконец, очень важным моментом в обеспечении безопасности является обеспечение должного уровня подготовки эксплуатационного персонала и его поддержание на высоком уровне. Причем, сюда входят такие аспекты, как обеспечение высокого уровня подготовки специалистов в вузах, обеспечение регулярного повышения квалификации и, при необходимости, широкое использование системы профессиональной переподготовки. Важную роль должна сыграть внедряемая система профессиональных стандартов, позволяющая сформулировать требования к уровню профессиональной подготовки персонала атомных станций. При подготовке персонала и поддержании его уровня важная роль отводится компьютерным обучающим технологиям (применение обучающих и контролирующих программ, полномасштабных и компьютерных тренажеров разного уровня).

И.В. Алексеев, С.А. Токарев, студ.;
рук. Н.А. Лонишаков, ассистент
(ИГЭУ, г. Иваново)

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА ТУРБОПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА АЭС

Турбопитательный насос (ТПН) обеспечивает подачу деаэрированной питательной воды из деаэратора в парогенератор для отвода тепловыделений от активной зоны реакторной установки при работе блока на мощности.

Привод ТПН осуществляется с помощью маломощной конденсационной паровой турбины. Эта турбина работает с переменным начальным давлением пара, поскольку при изменении нагрузки блока меняется давление пара от сепаратора-пароперегревателя на ТПН, при этом объемный расход пара через турбину практически не меняется, поэтому применяется дроссельное парораспределение.

На линии подачи пара к приводной турбине установлены параллельно два стопорных клапана, пройдя через которые, пар параллельными потоками подается к двум дроссельным регулирующим клапанам (РК), предназначенным для изменения расхода пара, а, следовательно, и нагрузки ТПН, в проточную часть турбины [1].

От эффективной и экономичной работы клапанов РК зависит производительность турбопитательного агрегата, то есть подача питательной воды в парогенератор для обеспечения надежного теплоотвода от воды первого контура реакторной установки и безопасной эксплуатации энергоблока в целом.

Таким образом, расчет и оптимизация работы клапана РК является одной из важнейших задач при наладке работы турбопитательного устройства, так как в нем происходят большие потери давления при регулировании мощности ТПН (давление перед клапаном в номинальном режиме работы составляет 0,89 МПа, за ним 0,46 МПа), что негативно сказывается на производительности всей установки в целом. При оптимизации профиля РК в программной среде SolidWorks Flow Simulation выявлена возможность снижения расхода пара, отпускаемого на привод ТПН на 3-5% от номинального значения, что в свою очередь повысит электрическую мощность энергоблока АЭС на 0,5 МВт.

Библиографический список

1. Шелегов А.С., Лескин С.Т., Слободчук В.И. Насосное оборудование АЭС: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 348с.

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

СРАВНЕНИЕ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА С НЕЙРОСЕТЕВЫМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ КОНДЕНСАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ АЭС

Объектом анализа является конденсационная установка 1000КП-100800-3.

Целью работы является выбор метода моделирования конденсационной установки АЭС между регрессионным анализом и нейросетевым моделированием.

В ходе проделанной работы изучается точность моделирования на основе множественной линейной и полиномиальной регрессионных зависимостей, а также с помощью нейросетевого моделирования. На основе точности делается вывод о том, какой метод больше подходит для решения поставленной задачи. Результаты моделирования отражают влияние технологических параметров на дополнительную выработку электроэнергии на основе повышения эффективности работы конденсационной установки.

Во время работы установки были получены данные, на основании которых были построены математические модели рассматриваемой установки с использованием регрессионных зависимостей и нейросети.

Рассмотрено влияние 10 варьируемых технологических параметров (табл. 1) на целевую функцию (активную мощность турбогенератора):

Таблица 1 - Диапазоны обрабатываемых параметров

Наименование параметра	Диапазон
Температура пара на входе в конденсатор (°C)	35,53..50,23
Температура конденсата на выходе из конденсатора (°C)	34,9..49,97
Уровень конденсата в конденсатосборнике (см)	134,6..170,87
Вакуум в конденсаторе (кПа)	4,74..11,31
Температура охлаждающей воды на входе в конденсатор (°C)	16,53..33,3
Температура охлаждающей воды на выходе из конденсатора (°C)	26,33..43,57
Расход пара из турбины в конденсатор (т/ч)	3309,08..3443,63
Расход основного конденсата (т/ч)	3571,61..3706,16
Расход охлаждающей воды на конденсационную установку (т/ч)	165040,01..215842,6
Температура воздуха снаружи здания (°C)	7,9..47,7
Активная мощность турбогенератора (МВт)	978..1059

Уравнение множественной линейной регрессии:

$$N = -0,67 \cdot T_{\Pi} - 0,295 \cdot T_{\text{К}} - 0,017 \cdot L_{\text{К}} + 0,069 \cdot P_{\text{К}} - 0,155 \cdot T_{\text{ЦВ}}' + \\ + 0,126 \cdot T_{\text{ЦВ}}'' - 0,001 \cdot D_{\Pi} + 0,033 \cdot D_{\text{К}} + 0,001 \cdot G_{\text{ЦВ}} - 0,029 \cdot T_{\text{Возд}}$$

где T_{Π} , $T_{\text{К}}$ – температура пара и температура основного конденсата, °С; $L_{\text{К}}$ – уровень в конденсаторе, см; $P_{\text{К}}$ – вакуум в конденсаторе, кПа; $T_{\text{ЦВ}}'$, $T_{\text{ЦВ}}''$ – температура циркуляционной воды на входе и выходе, °С; D_{Π} , $D_{\text{К}}$ – расход пара и основного конденсата, т/ч; $G_{\text{ЦВ}}$ – расход циркуляционной воды на конденсационную установку, т/ч; $T_{\text{Возд}}$ – температура окружающего воздуха, °С.

Уравнение множественной полиномиальной регрессии:

$$y = 24,037 \cdot T_{\Pi} - 0,345 \cdot T_{\Pi}^2 - 26,261 \cdot T_{\text{К}} + 0,318 \cdot T_{\text{К}}^2 + 0,426 \cdot L_{\text{К}} - \\ - 0,002 \cdot L_{\text{К}}^2 - 13,571 \cdot P_{\text{К}} + 0,851 \cdot P_{\text{К}}^2 + 1,975 \cdot T_{\text{ЦВ}}' - 0,182 \cdot T_{\text{ЦВ}}'^2 + \\ + 5,152 \cdot T_{\text{ЦВ}}'' + 0,035 \cdot T_{\text{ЦВ}}''^2 + 0,284 \cdot D_{\Pi} + 0,289 \cdot D_{\text{К}} - 0,0003 \cdot G_{\text{ЦВ}} - \\ - 0,376 \cdot T_{\text{Возд}} + 0,006 \cdot T_{\text{Возд}}^2$$

Также была построена и успешно обучена нейросетевая модель конденсационной установки и произведена ее верификация.

Для сравнительной оценки определены показатели отклонения целевых функций при моделировании (табл. 2): MAPE – средняя абсолютная относительная ошибка; MAE – средняя абсолютная ошибка; MSE – дисперсия; RMSE – среднеквадратичное отклонение.

Таблица 2 - Результаты точности прогнозирования активной мощности

Критерии определения точности методов	MAPE	MAE	MSE	RMSE
Множественная линейная регрессия	0,040862	10,139623	43,54061	6,598531
Полиномиальная регрессия	0,038421	4,737741	32,532027	5,703685
Нейросеть	0,035659	3,813398	29,537014	5,434797

Как видно из таблицы, нейросетевая модель показала более высокую точность при решении поставленной задачи.

Библиографический список

1. **Горбунов В.А.** Использование нейросетевых технологий для повышения энергетической эффективности теплотехнологических установок / ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2011. – 475 с.

*С.Н. Мелешкин, студ.; рук. В.Г. Шошин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ЦЕНТРОВКА МНОГООПОРНОГО РОТОРА ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ»

В настоящее время на кафедре АЭС ИГЭУ происходит перевод значительной части процесса обучения на использование информационных технологий. В силу дороговизны физических лабораторных стендов демонстрация работы оборудования в ВУЗе становится практически недоступной. Создание виртуальных средств обучения позволяет решить эту проблему без высоких затрат.

Представленная лабораторная работа состоит из 2 частей, информационной и практической.

Информационная часть содержит теоретические основы процесса центровки ротора. Выполнена по системе разветвленного программированного обучения. Содержит промежуточный и итоговый контроль усвоения материала, который является допуском к практической части работы. Информационная часть реализована в системе «Аттестат».

При выполнении практической части необходимо:

- Подготовить исходные данные в соответствии с заданием на курсовой проект по дисциплине «Паровые турбины АЭС» и выполнить расчет упругой линии ротора в монтажном и рабочем состоянии турбины по программе [1];
- Выполнить расчет расцентровок полумуфта ротора;
- Оформить отчет по лабораторной работе.

Все программные средства, включая и методические указания для выполнения работы, интегрированы в программную оболочку.

Библиографический список

1. **Ботков С.А.** Разработка программы расчета центровки валопроводов турбомашин. – Дипломная работа, Иваново: ИГЭУ, 2009., – 85с.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОНДЕНСАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ АЭС

Объектом анализа является конденсационная установка 1000КП-100800-3.

Целью работы является исследование повышения эффективности работы конденсационной установки, от которой зависит выработка электроэнергии энергоблоком АЭС, на основе нейросетевого моделирования.

В ходе проделанной работы была разработана математическая модель влияния технологических параметров на эффективность работы конденсационной установки на основе нейросетей.

В ходе выполнения работы использованы следующие средства ЭВМ: Microsoft Office 2007, NeuroSolutions 6, WaterSteamPro.

Рассматриваемая конденсационная установка – модульной компоновки, предназначена для работы в составе турбоустановки мощностью 1000 МВт с турбиной К-1000-60/1500-2 и состоит из трех корпусов. Изготовлена Харьковским турбогенераторным заводом (ХТГЗ, г. Харьков, Украина).

С действующей установки были получены данные, по которым была построена математическая модель рассматриваемой установки с использованием нейросетевой технологии. Были сделаны некоторые допущения: расход циркуляционной воды не снимался напрямую, поэтому был рассчитан из уравнения теплового баланса конденсатора, а три параллельно работающих корпуса рассматриваются как единое целое.

Рассматривалось влияние 10 варьируемых параметров на целевую функцию (активную мощность турбогенератора):

- температура пара на входе в конденсатор;
- температура конденсата на выходе из конденсатора;
- уровень конденсата в конденсатосборнике;
- конечное давление после турбоустановки;
- температура охлаждающей воды на входе в конденсатор;
- температура охлаждающей воды на выходе из конденсатора;
- расход пара из турбины в конденсатор;
- расход основного конденсата;

- расход охлаждающей воды на конденсационную установку;
- температура воздуха снаружи здания.

В ходе работы была построена и успешно обучена нейросетевая модель конденсационной установки, произведена ее верификация и дальнейшее тестирование, после чего исследовано влияние 4-х параметров, которыми можно влиять на эффективность работы конденсационной установки.

Данные параметры либо непосредственно возможно регулировать в процессе эксплуатации энергоблока, либо имеется потенциальная возможность их регулирования:

- уровень конденсата в конденсатосборнике;
- конечное давление после турбоустановки;
- температура циркуляционной воды на конденсационную установку;
- расход циркуляционной воды на конденсационную установку.

Были выявлены значения данных параметров в рассмотренном диапазоне, которые повышают эффективность конденсационной установки и влияют на увеличение активной мощности турбогенератора.

Для более высокой точности нейросетевой модели требуется мониторинг показателей расхода циркуляционной воды на конденсационную установку на время измерения параметров.

Была апробирована методика нейросетевого моделирования конденсационной установки АЭС, которую можно использовать для дальнейших научных и практических исследований.

Библиографический список

1. **Горбунов В.А.** Использование нейросетей для обработки экспериментальных данных: методические указания к выполнению учебно-исследовательской работы и дипломного проектирования для студентов специальности 140105 / ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2006. – 31 с.
2. Системы турбинного отделения. Часть 1. / концерн «Росэнергоатом». Балаковская Атомная Электростанция.

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

АНАЛИЗ СИСТЕМ АВАРИЙНОГО ОТВОДА ТЕПЛА ЭНЕРГОБЛОКА №4 БЕЛОЯРСКОЙ АЭС

На основе БН-600 разработан и реализован проект энергоблока с реактором БН-800 электрической мощностью 885 МВт с улучшенными технико-экономическими показателями и характеристиками безопасности. Теплоотвод от реактора к турбогенератору осуществляется по трехконтурной схеме (аналогично энергоблоку с БН-600). Турбоустановка К-800-130/3000 работает на перегретом паре.

В рамках направления повышения надежности и безопасности действующих АЭС в данной работе рассматривались возможные схемы аварийного отвода тепла через третий контур с помощью баков запаса охлаждающей воды, а также произведен расчеты проектной и альтернативных схем аварийного отвода тепла (через парогенераторы) для разных скоростей расхолаживания – 30 и 60 град/ч.

В проектной схеме петли расхолаживания подключаются параллельно петлям второго контура. Натрий второго контура охлаждается с помощью воздушных теплообменников (ВТО). Поверхность теплообмена одного ВТО составила 1272 м². Для отвода остаточного тепловыделения достаточно трёх теплообменников. Но в каждой из трёх петель предусмотрено по одному резервному теплообменнику.

В первомальтернативном варианте схемы расхолаживания вырабатываемый в парогенераторе в процессе расхолаживания пар поступает в теплообменный модуль, находящийся в баке аварийного отвода тепла (БАОТ). Отвод тепла к конечному поглотителю (воздуху) осуществляется путем выпаривания воды в баках. Исходя из условий работы системы автономно первые 24 часа, объем бака составил 538 м³. Запас воды в баке в процессе работы системы может быть легко пополнен. Второй альтернативный вариант аналогичен первому, но включает дополнительные воздушные теплообменники, в которых конденсируется пар из БАОТ. Его конденсат возвращается обратно в БАОТ, что позволяет системе работать неограниченное время. Площадь поверхности воздушного теплообменника составляет примерно 4750 м².

Преимуществами схемы с выпарными баками являются простота, малое количество арматуры, малое количество точек контроля. Схема с выпарными баками и воздушными теплообменниками является предпочтительной с точки зрения безопасности, но имеет большие металлоемкость и стоимость по сравнению с первым альтернативным вариантом.

*П.В. Коркодинов, студ.; рук. Н.А. Лоншаков, ассистент
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ВАКУУМА В КОНДЕНСАТОРАХ ПАРОВЫХ ТУРБИН АЭС

Проблема прогнозирования параметров работы тепломеханического оборудования АЭС остается актуальной по настоящее время. Традиционные методики теплового расчета дают точные результаты лишь при идеальных условиях, когда влияние посторонних параметров, таких как износ оборудования, загрязнение, влияние окружающей среды, не учтено или сведено к минимуму.

В качестве технологии для прогнозирования параметров вакуума в конденсаторе был выбран нейросетевой метод моделирования, позволяющий на основе собранных статистических данных, отражающих специфику работы конкретного оборудования в заданный промежуток времени, построить математическую модель для прогнозирования целевой функции, в качестве которой был задан вакуум в конденсаторе паровой турбины. Погрешность работы построенной модели не превышает 3% (Рис. 1). Статистические данные собирались в течение одного года работы конденсатора приводной турбины ОК-12А, входящей в состав турбопитательного насосного агрегата АЭС. В качестве исходных данных принимались давление пара до стопорно-регулирующего клапана приводной турбины, температура охлаждающей воды на входе в конденсатор и на выходе из него.

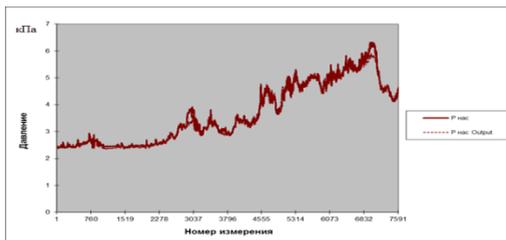


Рис. 1 Сравнение показания датчиков и работы модели

Полученные результаты могут быть использованы для прогнозирования эффективности работы оборудования при отказе или некорректной работе датчиков давления в конденсаторе приводной турбины.

Библиографический список

1. **Горбунов, В.А.** Использование нейросетевых технологий для повышения энергетической эффективности теплотехнологических установок [Текст] / В.А. Горбунов. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2011. – 475 с.

*В.А. Лебедев, студ.; рук А.Ю. Токов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПИКОВОЙ МОЩНОСТИ НА БЛОКЕ ВВЭР-1000 ПУТЕМ ОТКЛЮЧЕНИЯ ПВД

В 1980-е г.г. рядом организаций проводились исследования в области обеспечения маневренности АЭС при сохранении постоянного режима реакторной установки за счет применения аккумуляторов тепла [1]. В те годы заводами ЛМЗ и «Электросила» была подтверждена возможность форсирования мощности турбогенератора К-1000-6,4/50 на 16% при вытеснении нерегулируемых отборов пара теплотой, аккумулированной в часы ночного провала нагрузки. В связи с этим представляет интерес рассмотреть возможность беззатратного способа получения дополнительной пиковой электроэнергии путем простого отключения подогревателей высокого давления по пару.

В момент отключения нерегулируемых отборов мощность турбины возрастает, но затем производительность парогенераторов начинает снижаться по мере остывания металла ПВД и питательной воды. Если не возвращать ПВД в работу, то через некоторое время мощность падает ниже номинальной и наступает недовыработка, связанная с уменьшением КПД.

По расчетам тепловой схемы на переменные режимы с шагом по температуре питательной воды $\Delta t = -16,1$ °С при постоянной мощности реактора получены зависимости паропроизводительности ПГ и мощности турбины:

Номер шага	Температура пит. воды (°С)	Расход питат. воды, кг/с	Время остывания Δt , с	Мощность, МВт
0	224,4	1873,45	–	1134,77
1	208,3	1802,51	10,5	1094,81
2	192,2	1736,15	15,4	1057,46
3	176,1	1675,62	33,7	1022,47
4	160,0	1618,66	503,2	989,65

Максимальная мощность составила 1134,77 МВт (форсаж на 11,1%). Время остывания на каждом шаге Δt определялось по балансу тепла, отдаваемого металлом ПВД (масса 510800 кг) и отводимого питательной водой. Общее время остывания до номинальной мощности (1020 МВт) составило 96 с, а дополнительная выработка- 3,04 МВт·ч на одно отключение или около 900 МВт·ч за год (при КИУМ=0,8). Реализация дополнительной электроэнергии по тарифу 20 руб/кВт·ч может дать выгоду 1,8 млн руб/год.

Чтобы рекомендовать данный способ форсирования турбины, следует оценить надежность металла ПВД при термоциклических напряжениях, а также разработать быстродействующие паровые отсечные клапаны для нерегулируемых отборов. Отметим, что время выдачи пиковой мощности можно увеличить, установив на трубопроводы питательной воды дополнительную аккумулялирующую массу.

Библиографический список

1. Токов А.Ю., Зорин В.М., Воронков М.Е., Чаховский В.М. Исследование эффективности аккумуляирования питательной воды на АЭС с ВВЭР-1000. – Теплоэнергетика, 1985, №9, с.59–62.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОМПЕРЕГРЕВА ПАРА ТУРБИНЫ К-1000-60/1500-1

Как известно, современные энергоблоки АЭС с реакторами типа ВВЭР, имеют в своем составе турбоустановки, работающие на насыщенном паре. Для снижения негативного воздействия влаги в проточных частях таких турбин в схемах таких турбоустановок применяется выносная сепарация пара и паропаровой промежуточный перегрев. В турбинах, имеющих в своем составе отдельный цилиндр среднего давления (ЦСД) – например, турбина К-1000-60/1500-1, имеется возможность организовать дополнительный промежуточный перегрев пара после ЦСД. Это позволит уменьшить влажность в ступенях ЦНД и повысить тепловую экономичность.

Дополнительный промперегрев может быть реализован двумя способами:

– путем включения в ресивер между ЦСД и ЦНД пароводяного перегревателя, греющей средой которого является питательная вода, отбираемая после деаэратора или ПВД;

– путем включения в ресивер между ЦСД и ЦНД паро-парового перегревателя.

Было рассмотрено несколько вариантов подачи греющей среды в пароводяной перегреватель и возврата охлажденного теплоносителя в схему регенерации. Температура перегрева варьировалась от 145 до 165 °С (в последнем случае отбор греющей среды производился за ПВД-7).

Анализ результатов расчетов показал, что оптимальным вариантом является вариант с отбором греющей среды на пароводяной перегревателе после ПВД-7 и вводом охлажденного теплоносителя в линию питательной воды между бустерным и питательным насосами. Повышение электрической мощности для этого варианта составляет 2,2 МВт. Однако этот вариант требует достаточно больших капитальных затрат.

Более эффективным является паро-парового перегрев с подачей греющего пара из отбора после ЦВД. Его реализация при недогреве до температуры насыщения греющего пара 20 °С дает повышение электрической мощности на 6,6 МВт при меньших, чем при пароводяном перегреве капитальных затратах. Для обоих вариантов были проведены тепловые и гидравлические расчеты пароперегревателей с определением площади поверхностей нагрева.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ СЛИВА СЕПАРАТА И КОНДЕНСАТА СПП ТУРБИНЫ К-1000-60/1500-1

На Калининской АЭС проектная схема предусматривает слив сепарата из СПП-1000 при номинальном режиме работы блока в ПВД-5 и сброс конденсата II ступени в ПВД-7. В настоящее время данная схема демонтирована, подача сепарата осуществляется вместе с дренажом от ПВД-5 в ПНД-4. С целью повышения эффективности использования сепарата и конденсата II ступени для повышения надежности и экономической эффективности действующих АЭС с турбоустановкой К-1000-60/1500-1 рассмотрены несколько вариантов модернизации.

Рассмотрены следующие варианты модернизации тепловой схемы:

- перевод слива конденсата греющего пара II ступени СПП в линию питательной воды за ПВД-7;
- перевод слива сепарата из сепаратосборников СПП.

Было рассмотрено несколько вариантов:

- проектная схема слива сепарата (в ПВД-5);
- существующая схема слива сепарата (в ПНД-4);
- ввод сепарата в тракт основного конденсата после ПНД-4;
- ввод сепарата в тракт основного конденсата после ПНД-3;
- слив конденсата на впуск дренажного насоса ПНД-3 с установкой охладителя сепарата (два варианта).

Перевод слива конденсата II ступени СПП за ПВД-7 термодинамически эффективен, так как теплота КГП СПП полностью переходит к питательной воде в точке смешения за ПВД-7. Применение данной схемы возможно с установкой дренажного насоса. В результате такой модернизации температура питательной воды за ПВД-7 увеличивается с 222,08 °С до 224,7 °С, что повышает электрическую мощность турбины нетто на 1,7 МВт.

Схемы слива сепарата на всас дренажного насоса ПНД-3с установкой охладителя сепарата перед деаэратором не требуют установки сливных насосов, но требует дополнительных капитальных затрат на новое оборудование. Однако она обеспечивает наибольший прирост мощность (около 1,5 МВт) по сравнению с существующей схемой. Вариант с переводом слива сепарата в ПВД-5 демонтирована и не может быть осуществлена. Вариант с вводом сепарата в линию основного конденсата перед деаэратором дает повышение электрической мощности турбины нетто примерно на 0,2 МВт.

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

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА РАСХОЛАЖИВАНИЯ РЕАКТОРА ИБР-2М

Модернизированный импульсный реактор на быстрых нейтронах периодического действия ИБР-2М предназначен для использования в качестве источника нейтронов для исследований в различных областях наук. Система охлаждения реактора 3-хконтурная двухпетлевая. Теплоносителем в первом и втором контурах является натрий. Каждая петля обеспечивает съём 50% мощности. Циркуляция натрия по петлям организуется электромагнитными насосами первого и второго контура.

Целью работы являлся выбор режима работы насосов, который обеспечит безопасную скорость расхолаживания. Были рассмотрены 3 режима работы насосов:

1. Оба насоса работают на полную мощность, обеспечивая 100% расход натрия;
2. Один насос отключается, а второй работает на полную мощность, обеспечивая расход натрия через активную зону, равный 50% от номинального;

3. Первые 10 секунд работает один насос на полную мощность, второй отключен. Спустя 10 секунд мощность насоса снижается до 20%, обеспечивая расход через активную зону, равный 10% от номинального.

Первый вариант рассматривается только теоретически, так как практически его организовать невозможно (при срабатывании аварийной защиты, например, вызванной обесточиванием установки, оба насоса отключаются, а потом один из них подключается к системе надежного питания). Обеспечить пуск обоих насосов с помощью этой системы невозможно из-за больших пусковых напряжений и токов.

Предварительно был произведен теплогидравлический расчет реактора при работе на номинальной мощности. Затем определялась температура натрия на выходе из активной зоны в процессе расхолаживания с учетом остаточных тепловыделений и аккумулированной в реакторе теплоты. Использовалась математическая модель нестационарного теплообмена от топлива к натрию через оболочку ТВЭЛ с граничными условиями первого и второго рода. Было определено также изменение во времени температуры внутренней стенки сливного натриевого коллектора. Расчеты проводились численным методом в комплексе Mathcad.

В первом варианте происходит резкое снижение температуры от 360 до 290 °С. Во втором варианте сначала происходит повышение температуры с 360 до 380 °С, а впоследствии плавное понижение температуры до 290 °С. Результаты расчетов показали, что требованиям по безопасной скорости расхолаживания (60 °С/мин) удовлетворяет только третий вариант с переменным режимом работы насосов. В ходе такого режима расхолаживания температура коллектора сначала повышается до 380 °С, а впоследствии снижается до 340 °С. Спустя 30 секунд с момента расхолаживания она становится практически постоянной. Следующие 2 минуты температура и режим работы насоса не меняются, затем насос отключается, а расхолаживание обеспечивается естественной циркуляцией натрия через активную зону.

Е.С. Несвежий, А.Л. Гришин, Д.О. Фомичев студ.;
рук. В.Ф. Степанов, ст. преп.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ПРИМЕНЕНИЕ СХЕМЫ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ИСПАРЕНИЯ В ПАРОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКЕ АЭС С ВВЭР-1200

Одним из методов получения чистого пара, применяемым в тепловой энергетике, является ступенчатое испарение. В новых ПГ АЭС с ВВЭР также применяется двухступенчатая схема испарения, для организации которой в «холодном» торце ПГ выделяется солевой отсека. Однако в ПГ полностью разделить ступени испарения невозможно.

Т.Х. Маргулова предлагала [1] выделить в качестве первой ступени испарения три ПГ, а четвертый ПГ сделать второй ступенью испарения. Развитием этой схемы является схема с регулируемым расходом питательной воды (рис.1), подаваемой на ПГ II ступени.

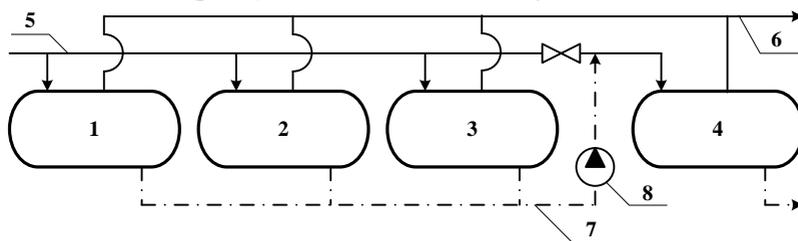


Рис.1 Схема ступенчатого испарения с регулируемым расходом питательной воды на 2 ступень испарения: 1 – 3 – ПГ 1-ой ступени испарения, 4 – ПГ 2-ой ступени, 5 – подача питательной воды, 6 – отвод пара, 7 – непрерывная продувка ПГ, 8 – насос, 9 – клапан.

В этой схеме часть исходной питательной воды подается непосредственно в ПГ II ступени, что позволяет в определенной мере выровнять паропроизводительности ПГ I и II ступеней испарения.

Произведенными расчетами установлено оптимальное значение доли расхода питательной воды ПГУ, подаваемой во 2 ступень, которое составляет 0,14. При этом концентрация примесей в парогенераторной воде ПГ I ступени будет в 30 раз меньше, а в ПГ II ступени качество воды останется таким же, как в исходной схеме.

Таким образом, применение предлагаемой схемы позволяет не только повысить качество генерируемого пара, но и значительно улучшить условия работы трёх ПГ.

Библиографический список

1. **Маргулова Т.Х.** Атомные электрические станции. М.: Атомиздат, 1995.

*Н.М. Попов, студ.; рук. А.Г. Ильченко, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ РАДИОИЗОТОПОВ

Разработка новой целевой промышленной установки – перспективно-ядерного гомогенного реактора «Аргус-М»[1] – представляется сложной научно-технической задачей, требующей применения высокотехнологичных инструментов, в том числе сложного программного аппарата. Использование для этой цели численных методов расчётных исследований давно стало распространённой общемировой практикой. Учитывая физические особенности растворных жидкостных ядерных реакторов, не позволяющие непосредственно контролировать множество технологических процессов, а также прямую зависимость уровня мощности реактора от фазового состояния компонентов размножающей системы, именно численные расчётные исследования позволяют решить множество сложных технических проблем, одной из которых является оптимизация номинальных мощностных параметров.

Поскольку планируется переход на топливный раствор низкообогащённого урана, что является причиной снижения мощности при прочих равных условиях, коммерческий интерес заключается в повышении мощности для увеличения наработки радиоизотопа⁹⁹Mo.

Целью данной работы является оценка возможности повышения мощности растворной реакторной установки, а также исследование потенциальных вариантов увеличения мощности на CFD-моделях.

В результате проведённых исследований выявлено возникновение застойной зоны в области верхнего периферийного слоя топливного раствора при применении специальных устройств для раскачивания раствора. Использование тонкой цилиндрической стенки у теплообменной поверхности позволяет интенсифицировать теплообмен за счёт создания единой конвективной ячейки в области змеевиков. Это способствует интенсификации естественной циркуляции раствора, а также увеличению тепловой мощности на 7,6%.

Библиографический список

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Аргус_\(реактор\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Аргус_(реактор)).

*П.Н.Соловьева, студ.; рук. С.Г.Андреанов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г.Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ ТУРБОПРИВОДА ПИТАТЕЛЬНЫХ НАСОСОВ В ТЕПЛОЙ СХЕМЕ ТУРБОУСТАНОВКИ К-800-130/3000

В настоящее время на энергоблоке №4 Белоярской АЭС применяются предвключенные питательные электронасосы типа WKTD 300/4 и основные питательные электронасосы типа СНТД 7/3 фирмы «KSB» (Германия). Расход энергии на привод шести питательных насосов (трех предвключенных и трех главных) в номинальном режиме работы энергоблока составляет 3% от полезной мощности.

С целью снижения затрат электроэнергии на собственные нужды, предлагается заменить электропривод питательных насосов на турбопривод.

В данной работе рассматривается замена привода как главных, так и предвключенных питательных насосов. Пар на приводную турбину поступает из первых трех отборов ЦВД, а так же после промежуточного перегрева пара. При этом принимается, что расход пара в голову турбины остается постоянным. Процесс расширения в приводной турбине происходит до давления 2,55 кПа (давление в основном конденсаторе турбины). Отработанный в приводной турбине пар сбрасывается в основной конденсатор турбины. С учетом вышесказанного проведены расчеты модернизированных тепловых схем.

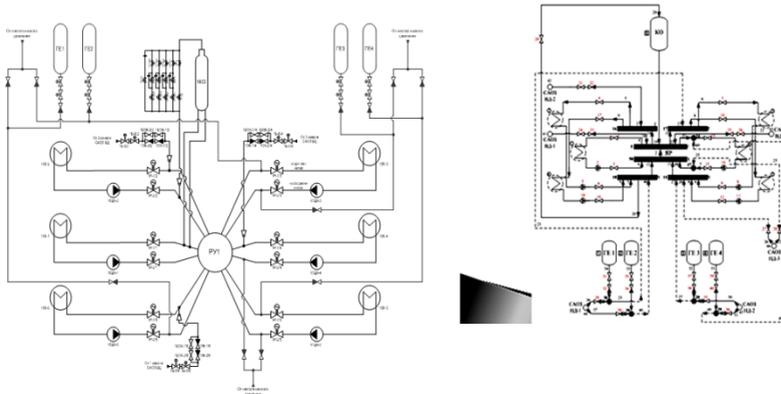
Можно отметить, что в результате данной модернизации значительно снижается количество электроэнергии затрачиваемой на собственные нужды. Однако, часть пара отбираемая на приводную турбину не участвует в процессе расширения в основной турбине, и как следствие, появляется недовыработка электроэнергии. Снижается расход пара в конденсатор, что в некоторой степени может снизить мощность циркуляционных насосов, а значит и количество электроэнергии которую необходимо затратить на их привод, но в данном случае это влияние незначительное. КПД брутто энергоблока при такой модернизации несколько снижается, но КПД нетто возрастает.

Из всех рассмотренных вариантов самым выгодным является вариант замены привода основного питательного насоса с отбором пара на приводную турбину после промежуточного перегрева. При этом повышение мощности энергоблока за счет снижения затрат энергии на собственные нужды составило 4,221 МВт, КПД «брутто» равен 42,23%; КПД «нетто» равен 40,15%.

*Е.А. Федосов, студ.; рук. А.Ю. Токов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИКИ ПАССИВНОЙ ЧАСТИ САОЗ 1-ГО БЛОКА КОЛЬСКОЙ АЭС

В настоящее время 1-й блок Кольской АЭС готовится к повторному продлению срока эксплуатации до 60 лет. В частности, впервые внедряется пассивная система гидроемкостей аварийного охлаждения активной зоны (ГЕ САОЗ), располагаемая в отдельном от реакторного зала здании. Была поставлена задача описать структуру трубопроводов 1 контура ВВЭР-440 с применением универсальной математической модели, созданной на кафедре АЭС [1,2]. Слева показана исходная принципиальная схема объекта, справа – расчетная схема, составленная с применением правил кодирования [2].



Расчетная схема набирается из элементов типа «ветвь» (трубопровод с насосами и арматурой) и «коллектор» (узловая точка смешения), в которых вычисляются соответственно расходы и давления. Структура описывается массивами указателей связи и дополняется физическими параметрами (длина, диаметр, высота, местные сопротивления, степень открытия арматуры и т.д.). В процессе тестирования модели гидравлический расчет чередуется с внешними управляющими или возмущающими воздействиями (отключение насоса, закрытие арматуры, имитация течей, разрывов и др.). В частности, легко имитируется течь в любом месте 1 контура, при этом возможно определение времени полного опорожнения ге саоз.

Разработанная логико-числовая модель после верификации может быть положена в основу ситуационного функционально-аналитического тренажера для оперативного персонала Кольской АЭС.

Библиографический список

1. **Токов А.Ю., Ильченко А.Г., Щербнев В.С.** Универсальная математическая модель для гидравлических расчетов технологических систем АЭС. – 6-я Межд.конф. «Бенардосовские чтения». – ИГЭУ, 1992, с.64
2. **Токов А.Ю., Шошин В.Г.** Интегрированная система конструирования компьютерных минитренажеров. – 7-я Межд.конф. «Бенардосовские чтения». – ИГЭУ, 1994, т.2, с.34.

СЕКЦИЯ 10
ТЕПЛООБМЕН В ПРОМЫШЛЕННЫХ
УСТАНОВКАХ

Председатель –
к.т.н., доцент **Пронин В.Ю.**

Секретарь –
магистрант **Шувье Е.С.**

Д.А. Онохин, асп.; рук. Э.Н. Сабуров, д.т.н., проф.
(С(А)ФУ им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск)

КОНВЕКТИВНЫЙ ТЕПЛОБМЕН В ЦИКЛОННЫХ КАМЕРАХ БОЛЬШОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДЛИНЫ

Высокотурбулентные закрученные потоки теплоносителей позволяют существенно интенсифицировать конвективный теплообмен в промышленных установках, повысить их энергоэффективность и производительность [1,2]. Для повышения производительности оборудования актуальным является использование относительно длинных циклонных камер, аэродинамика и конвективный теплообмен в которых исследованы недостаточно. В опытах установлено, что основными относительными геометрическими характеристиками, определяющими особенности конвективного теплообмена, являются длина рабочего объема камеры $\bar{L}_k = L_k/D_k$ (D_k – диаметр рабочего объема) и площадь входа потока $\bar{f}_{вх} = 4f_{вх}/\pi(D_k)^2$.

Уравнение для определения коэффициента теплоотдачи имеет вид:

$$Nu = 0,188 Re_{вх}^{0,75} \varepsilon_{вх} \varepsilon_z, \quad (1)$$

где $Nu = \alpha D_k / \lambda_{вх}$ – местное число Нуссельта; α – местный коэффициент теплоотдачи; $\lambda_{вх}$ – коэффициент теплопроводности; $Re_{вх} = V_{вх} D_k / \nu_{вх}$; $\nu_{вх}$ – кинематический коэффициент вязкости; $\varepsilon_{вх} = (\bar{f}_{вх})^{0,4}$ – множитель, учитывающий влияние $\bar{f}_{вх}$; $\varepsilon_z = \bar{z}^k$ – множитель, учитывающий изменение числа Nu вдоль длины рабочего объема камеры; $\bar{z} = z/D_k$ – относительная продольная координата, отсчитываемая от глухого торца камеры вдоль оси рабочего объема; $k = -0,163(\bar{f}_{вх})^{-0,23}$.

Смножитель $\varepsilon_z = \bar{z}^k$ практически совпадает с коэффициентом $\varepsilon_L = (L_k)^k$ (при $\bar{z} = \bar{L}_k$) и определяет изменение среднего числа Nu в зависимости от безразмерной длины рабочего объема камеры.

Уравнение (1) применимо в диапазоне $Re_{вх} = (0,4 \dots 5,98) \cdot 10^5$ в автомодельной области течения при $\bar{f}_{вх} = 0,02 \dots 0,21$; $\bar{L}_k = 1 \dots 17,25$. Отклонение опытных данных от обобщенной зависимости не превышает $\pm 10\%$. Полученное уравнение рекомендуется для практического использования.

Библиографический список

1. Сабуров Э.Н., Карпов С.В., Осташев С.И. Теплообмен и аэродинамика закрученного потока в циклонных устройствах / под ред. проф. Э.Н. Сабурова. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та. 1989. 276 с.
2. Сабуров Э.Н. Циклонные нагревательные устройства с интенсифицированным конвективным теплообменом. Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1995. 341 с.

*Д.А. Онохин, асп.; рук. Э.Н. Сабуров, д.т.н., проф.
(С(А)ФУ им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск)*

СОПРОТИВЛЕНИЕ И ТЕПЛООБМЕН ОТНОСИТЕЛЬНО ДЛИННЫХ ЦИКЛОННЫХ КАМЕР

Сильно закрученные потоки, генерируемые в циклонных камерах, позволяют существенно интенсифицировать конвективный теплообмен в промышленных установках [1,2], повысить эффективность энерготехнологических процессов и их производительность. Наиболее удачным примером является применение циклонных нагревательных устройств. В последнем случае для задач повышения производительности оборудования актуальным становится использование длинных камер. Применение камер большой длины позволяет повысить скорость и равномерность нагрева, снизить удельные нормы расхода топлива на нагрев и т.д.

Изучение рабочих процессов в циклонных камерах выявило тесную связь между аэродинамикой потока и интенсивностью теплоотдачи. Важной характеристикой, позволяющей оценить затраты энергии на закрутку потока и на нагрев, является коэффициент аэродинамического сопротивления вида $\xi_{\text{вх}} = 2\Delta P_{\text{п}}/\rho v^2$, где $\Delta P_{\text{п}}$ – перепад полного давления в камере; ρ , v – плотность и скорость потока на входе в камеру.

В опытах установлено, что основными относительными геометрическими характеристиками, определяющими особенности конвективного теплообмена, являются длина рабочего объема камеры $\bar{L}_{\text{к}} = L_{\text{к}}/D_{\text{к}}$ ($D_{\text{к}}$ – диаметр рабочего объема), площадь входа потока $\bar{f}_{\text{вх}} = 4f_{\text{вх}}/\pi(D_{\text{к}})^2$ и диаметр выходного отверстия $\bar{d}_{\text{вых}} = d_{\text{вых}}/D_{\text{к}}$. В результате получены расчетные уравнения, позволяющие определить коэффициент сопротивления $\xi_{\text{вх}}$ циклонных камер в зависимости от их параметров:

$$\begin{aligned}\xi_{\text{вх}} &= 5,55\bar{L}_{\text{к}}^{-0,35}; \\ \xi_{\text{вх}} &= 0,425 + 26,646\bar{f}_{\text{вх}}; \\ \xi_{\text{вх}} &= 1,21 + 0,19\bar{d}_{\text{вых}}^{-2}.\end{aligned}$$

Полученные уравнения рекомендуются для практического использования.

Библиографический список

1. **Сабуров Э.Н.** Циклонные нагревательные устройства с интенсифицированным конвективным теплообменом. Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1995. 341 с.
2. **Сабуров Э.Н., Карпов С.В.** Циклонные устройства в деревообрабатывающем и целлюлозно-бумажном производстве. М.: Экология, 1993. 368 с.

*Н.М. Коротаева, А.И. Михайлов, студ.;
рук. О.Б. Колибаба, к.т.н., доц.
(ИГЭУ г. Иваново)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ В ПРОЦЕССЕ СУШКИ

В процессе термической переработки в реакторе шахтного типа твердые коммунальные отходы (ТКО) проходят последовательно зоны сушки и пиролиза, где разлагаясь, образуют топливный газ. В зоне сушки из влажных ТКО производится удаление влаги в результате нагрева слоя фильтрующимся пиролизным газом. По высоте высушиваемого слоя ТКО будет происходить не только изменение температуры, но и изменение гидравлического сопротивления.

Проведено экспериментальное исследование коэффициента гидравлического сопротивления высушиваемого слоя ТКО, получены данные о перепаде давления, скорости движения газа, произведен расчет порозности слоя. В процессе эксперимента порозность слоя ТКО изменялась в пределах от 0,78 до 0,58, высота слоя – от 0,04 м до 0,16 м, скорость движения газа – от 0,8 м/с до 2,7 м/с.

Расчет коэффициента гидравлического сопротивления слоя твердых коммунальных отходов в процессе его сушки проводили по методике, предложенной Л.М. Мариенбахом [1].

$$\Delta P = \xi \frac{\rho \cdot H \cdot w^2}{2 \cdot d \cdot f^2},$$

где d – средний размер элемента ТКО;

H – высота слоя, м;

f – порозность слоя;

w – скорость движения газа, м/с;

ρ – плотность газа, кг/м³;

ΔP – перепад давления на входе и выходе из слоя, Па;

ξ – коэффициент гидравлического сопротивления слоя.

По результатам исследования построены номограммы для определения коэффициентов сопротивления высушиваемого слоя ТКО. Номограммы могут быть использованы при расчетах гидродинамики в зоне сушки термического реактора для утилизации ТКО.

Библиографический список

1. **Аэров М.Э.** Аппараты со стационарным зернистым слоем / М. Э. Аэров, О. М. Тодес, Д. А. Наринский // - Л.: Химия, 1979. – 172с.

*А.А. Павлов, М.С. Пашутин, студ.; рук. О.Ю. Нагорная, ст. преп.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВЫРАБОТКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ГУБТ-25

В металлургическом производстве доменный газ, отходящий от доменных печей, является одновременно и топливом, и энергоносителем, поскольку содержит в своем составе до 25% CO, до 10% H₂ и выходит под давлением 0,17÷0,23 МПа с температурой 200÷270 °С. Как энергоноситель доменный газ используется в газорасширительных станциях, где в газовых утилизационных бескомпрессорных турбинах (ГУБТ) расширяется, отдавая внутреннюю энергию для выработки электрической энергии.

Целью работы является выявление резервов по выработке дополнительного количества электроэнергии на установке ГУБТ-25, не снижая параметров доменного газа.

Авторами была разработана нейросетевая модель работы ГУБТ-25, которая позволила получить технически-обоснованные нормы расхода энергии доменного газа и режимные карты работы турбины в диапазоне экспериментальных данных. Данная модель не может использоваться для данных, которые выходят за диапазон экспериментально полученных данных. С целью расширения диапазона значений параметров, влияющих на эффективность работы ГУБТ-25, разработана детерминированная модель гидродинамической работы турбины на основе численного моделирования с использованием программно-вычислительного комплекса ANSYS.

Как показывают исследования, основным параметром, влияющим на мощность турбины, является температура доменного газа перед турбиной. По результатам расчета установлено, что увеличение температуры на входе в турбину дает дополнительное увеличение значения мощности при выходе за пределы экспериментальных данных приблизительно на 0,6 МВт.

Данная детерминированная модель в дальнейшем может быть улучшена и использована для проведения дальнейших более детальных исследований.

*А.В. Грошева, студ., Р.Н. Габитов, ст. преп.;
рук. О.Б. Колибаба, к.т.н., доц.
(ИГЭУ г. Иваново)*

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Предлагается методика решения обратной задачи теплопроводности для слоя твердых коммунальных отходов (ТКО), математическую основу которой составляет метод «микропроцессов», разработанный С.В.Федосовым [1]. Согласно методу, весь процесс разделяют на n элементарных «микропроцессов», в пределах каждого из которых все теплофизические параметры фаз считаются постоянными. Для каждого «микропроцесса» сначала используют аналитическое решение, полученное на основе интегрального преобразования Лапласа, а затем весь процесс поэтапно рассчитывают на ЭВМ.

Была проведена серия экспериментов по определению эффективного коэффициента теплопроводности образцов ТКО в процессе их сушки. Результаты эксперимента приведены на рис.1.

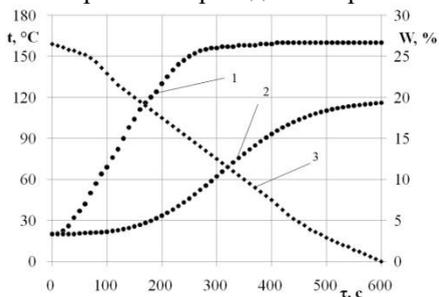


Рис. 1. Экспериментальные температурные кривые и кривая убыли массы образца с порозностью 0,63: 1 – температура обогреваемой поверхности образца; 2 – температура необогреваемой поверхности образца; 3 – кинетическая кривая

С помощью программного пакета TABLECURVE 2D восстановлены зависимости эффективного коэффициента теплопроводности от температуры при различных значениях порозности слоя ТКО в процессе сушки.

Библиографический список

1. **Федосов С.В.** Теплоперенос в технологических процессах строительной индустрии. - Иваново: ИПК «ПресСто», 2010. - 262с.

А.А. Архипов, Е.А. Селезнёва, студ.;
рук. Г.Ю. Селезнёва, к.т.н., доц.
(ИвГПУ, г. Иваново)

О ПРИМЕНЕНИИ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

На долю керамического кирпича и стеновых камней приходится более половины общего объема производства стеновых материалов. В современном строительстве широко используется как полнотелый, так и пустотелый кирпич. Однако в общем объеме производства преобладает выпуск пустотелого кирпича. Несмотря на это, мнения специалистов относительно целесообразности выпуска полнотелого и пустотелого кирпича отличаются. Некоторые исследователи доказывают перспективность производства именно пустотелого керамического кирпича, другие считают, что с его применением связаны многочисленные разрушения практически новой кладки, которые вызваны, главным образом, попаданием воды в пустоты кирпича, когда даже небольшие заморозки становятся опасными. Насыщенный влагой керамический материал становится рыхлым, крошится. Иногда разрушения кладки из такого кирпича столь серьезны, что угрожают безопасности здания или сооружения.

Эффективность применения полнотелого и пустотелого кирпича покажем расчётом. Так, определим тепловое сопротивление стены толщиной 1 м, состоящей из кирпичной кладки. Среднее значения теплопроводности кладки из полнотелого кирпича составляет $0,51 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, а из пустотелого $0,41 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$.

Разница теплового сопротивления стен из полнотелого и пустотелого кирпича составляет 19,67 %. Это существенно, если не использовать теплоизоляционные материалы. Заметим, что в современных условиях широко используется теплоизоляция из минеральной ваты, ячеистых бетонов, газонаполненных пластмасс и других материалов.

Разница теплового сопротивления стен из полнотелого и пустотелого керамического кирпича с утеплителем из пенополистирола составляет 3,55 %, что малоэффективно и может быть компенсировано небольшим увеличением толщины слоя теплоизоляции.

Таким образом, использование полнотелого или пустотелого кирпича требует тщательной оценки с учетом назначения строительного объекта и возможности использования теплоизоляционных материалов.

В.А. Ставровская, Н.С. Галкина, студ.;
рук. О.Ю. Нагорная, ст. преп.
(ИГЭУ, г. Иваново)

О ПРОБЛЕМЕ ГАЗИФИКАЦИИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Дальний Восток относится к числу наиболее богатых, с точки зрения обеспеченности ресурсами, регионов России, что дает ему возможность занимать важное место в экономике страны по ряду сырьевых позиций. В пределах Дальневосточного региона общая площадь перспективных на нефть и газ территорий составляет примерно 715 тыс. км. Однако при колоссальных начальных суммарных ресурсах газа разведанность газового потенциала составляет лишь 8,3%, а используется менее 1%.

Дальний Восток на сегодняшний день является наиболее проблемной территорией с низким уровнем социально-экономического развития. Современную действительность данного региона представляют с одной стороны колоссальные ресурсы природного газа и других полезных ископаемых, с другой слаборазвитая и несбалансированная экономика, примитивная транспортная инфраструктура. Ограниченность трудовых ресурсов и постоянно растущий отток населения сильно тормозят развитие округа.

Совершенствование, интенсификация и автоматизация технологических процессов приводят к необходимости повысить качество расходующихся теплоносителей. По сравнению с другими видами топлива этим требованиям удовлетворяет природный газ.

Почему же газификация в восточной части России плохо развита?

Одна из более явных причин это невыгодная инвестиция, так как дешевле продавать топливо в Европу по уже имеющейся трубе, чем вкладывать средства в строительство местных. Также в стране много должников и людей, которые не в состоянии заплатить за подключение к уже имеющемуся газопроводу, а у государства нет денег на помощь населению с проведением газа в дом.

Другая причина – это сложность прокладки и ремонта газопровода из-за высокой сейсмичности и динамичности мерзлотной обстановки. Многолетнемерзлые породы на большей части трасс имеют преимущественно массивно островное и островное, редко прерывистое, по площади и сплошное по вертикали распространение.

Реализация столь значимых для страны в целом проектов по газификации региона должна базироваться на ряде особых, специально разработанных и адаптированных к местным условиям технических решений.

*Е.С. Шувье, М.Р. Агабалова, студ.; рук. Д.А. Долинин, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА В ПОЛОМ ФОРСУНОЧНОМ СКРУББЕРЕ

Актуальным вопросом на сегодняшний день является повышение эффективности энергетического оборудования и экономия природных ресурсов. Математическое моделирование позволяет наиболее тщательно изучить процессы, происходящие в оборудовании, без высоких экономических затрат. По результатам работы тщательно разработанных моделей можно получить адекватные данные об оптимальном режиме работы оборудования, наиболее благоприятных характеристиках используемых ресурсов и степени их влияния на эффективность.

Наиболее энергозатратным при производстве чугуна является газоочистное оборудование. На одной из ступеней газовой очистки используется полый форсуночный скруббер, в котором происходит не только очистка доменного газа от пылевой фракции, но и охлаждение его до 40–50°C и увлажнение до состояния насыщения. Температура газа на входе в форсуночный скруббер довольно велика, поэтому в нижней части рабочего пространства происходит испарительное охлаждение. Таким образом, газ достигает состояния насыщения, а его температура интенсивно снижается, при постоянной энтальпии и температуре воды. Затем в верхней части рабочего пространства происходит конденсационное охлаждение. Энтальпия и влагосодержание газа понижается, а температура воды повышается [1].

Необходимо отметить, что граница между описываемыми зонами зависит от плотности орошения. Также на интенсивность тепло- и массообмена влияет скорость газа и дисперсность распыла [2].

За счёт создания математической модели форсуночного скруббера можно определить оптимальные входные параметры доменного газа и воды, используемой для орошения, получить наглядное представление о распределении полей температур, давлений и скоростей.

Библиографический список

1. **Швыдкий В.С., Ладыгичев М.Г.** Очистка газов: Справочное издание / В.С. Швыдкий, М.Г. Ладыгичев. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 640 с.
2. **Старк С.Б.** Газоочистительные аппараты и установки в металлургическом производстве: Учебник для вузов / С.Б. Старк. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1990. – 400 с.

*Ю.М. Латыпова, И.А. Рузанов, студ.;
рук. Д.А. Долинин, доц., О.В. Самышина, ст. преп.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОСОБЕННОСТИ РАСЧТА ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS FLUENT

Пластинчатый теплообменник относится к типу поверхностных теплообменных аппаратов, т.е. среды участвующие в процессе теплообмена не смешиваются, а только обмениваются теплом через разделяющую их стенку. Конструктивно пластинчатый теплообменник представляет собой пакет теплообменных пластин и прокладок [1]. В данной работе исследовался пластинчатый рекуператор с размерами теплообменного модуля 1680x1680x1250 мм, предназначенный для нагрева воздуха дымовыми газами после печи.

Рассмотрение полной геометрии (пластины, ребра+воздух+газ) приводит либо к низкому качеству расчетной сетки, что делает невозможным качественный расчет, либо к большому количеству элементов, что также делает расчет невозможным на имеющихся вычислительных мощностях.

Предложено при расчетах заменить исходный пластинчатый теплообменник с оребрением аналогичным по количеству передаваемой теплоты теплообменником без оребрения. Данное упрощение вносит определенную погрешность, однако, позволяет снизить число элементов, повысить качество расчетной сетки и выполнить тепловой и гидравлический расчеты.

После проведения расчетов в ANSYS Fluent можно оценить результаты, построив объемные распределения интересующих полей, таких как поле скоростей, температур, давлений.

Проверка адекватности построенной математической модели была проведена путем сравнения полученных температур теплоносителей на выходе с данными, предоставленными изготовителем теплообменника.

Погрешность расчета температур в Ansys Fluent составила 9% для воздуха и 3% для дымовых газов по сравнению с данными производителя теплообменника.

Библиографический список

1. **Чичиндаев А.В.** Оптимизация компактных пластинчато-ребристых теплообменников / А.В. Чичиндаев – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. - 399 с.

Ю.А. Родякаева, В.Г. Зернова, студ.;
рук. А.И. Сокольский, д.т.н., проф., О.В. Самышина, ст. преп.
(ИГЭУ, г. Иваново)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОГНЕТУШАЩИХ ПОРОШКОВ

Одной из важнейших технологических операций, определяющих качество огнетушащих порошков, является тепловая обработка. На примере огнетушащего порошка ВЕКСОН-АВС, обрабатываемого в аппарате с активной гидродинамикой двухфазного потока, исследовано влияние различных видов гидрофобизаторов на потребительские свойства целевого продукта. Для экономии дорогостоящей гидрофобизирующей добавки, чаще всего, обрабатывают тот компонент смеси, который обладает наибольшей способностью поглощать влагу. В качестве гидрофобизатора в аппарат вводили кремний органические жидкости ГКЖ-94, Пента-800, МН-15. Результаты исследований по сушке и гидрофобизации огнетушащего состава показали, что гидрофобность полученного продукта составляет 95,58%, а влагопоглощение – 0,6÷1,2% в зависимости от температуры обработки.

Основным активным компонентом многих огнетушащих составов, в том числе и ВЕКСОН-АВС, является аммофос. Обеспечение низких показателей слеживаемости можно достигнуть путем гидрофобной обработки активного компонента. Оптимальное количество гидрофобизатора для предотвращения этого явления находится в пределах 3,5÷4 масс.%, при этом влагопоглощение порошка составляет 0,68%.

При термообработке высокодисперсного диоксида кремния было установлено, что чем выше температура теплоносителя на входе в вихревую камеру и выше концентрация кремнийорганической жидкости, тем ниже конечное влагосодержание и выше степень гидрофобизации продукта.

При проведении исследований технологические параметры ведения процесса варьировались в пределах: при обработке огнетушащего состава $t=100\div 150^{\circ}\text{C}$, расходная концентрация твердой фазы $\mu=0,04$ кг/кг, расход кремний органической жидкости составлял 1÷2%; при обработке активного компонента $t=100\div 150^{\circ}\text{C}$, $\mu=0,04$ кг/кг, расход ГКЖ – 3,5÷4%; при обработке диоксида кремния $t=150\div 250^{\circ}\text{C}$, $\mu=0,015\div 0,06$ кг/кг, расход ГКЖ – 0,1÷0,3 кг/кг. Исследования показывают один из путей усовершенствования существующей технологии получения огнетушащих смесей.

*А.С. Семенов, студ., Д.А. Долинин, доц.
рук. О.Б. Колибаба к.т.н., доц.,
(ИГЭУ г. Иваново)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СЛОЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Определение гидравлического сопротивления слоя твердых коммунальных отходов (ТКО) необходимо для выбора рациональных режимов работы установок по их термической переработке. Исследование гидродинамических процессов, протекающих в слое ТКО, невозможно без адекватной модели структуры слоя, полидисперсность и многокомпонентность которого вызывают трудности при его моделировании. Предлагается на базе современных пакетов прикладных программ использовать фрактальный подход, который позволяет унифицировать внутреннюю геометрию слоя ТБО. В основу 3-D модели положена известная фрактальная структура – «губка Менгера» [1]. На модели получены значения потерь давления при различных скоростях воздуха на входе и высоте слоя.

Было произведено сравнение расчетов, полученных в программном комплексе Ansys Fluent, с экспериментальными данными (рис. 1).

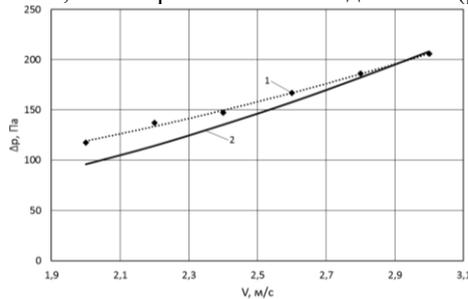


Рис. 1. Потери давления в слое ТКО высотой 0,16 м в зависимости от скорости воздуха:
1 – эксперимент; 2 – расчет

Анализ графика показывает, что средняя относительная погрешность не превышает 10%. Разработанная модель может применяться в расчетах при проектировании шахтных печей для переработки ТКО

Библиографический список

1. Смирнов Б.М. Физика фрактальных кластеров. – М.: Наука, 1991. – 136 с.

*М.О. Шавитова, Д.А. Федоров, студ.;
рук. О.Б. Колибаба, к.т.н., доц.
(ИГЭУ г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НАСЫПНЫХ САДОК ТЕРМИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ

Исследование гидравлического сопротивления насыпных садок термических печей в процессе фильтрации продуктов сгорания через садку необходимо для обеспечения равномерного нагрева изделий, снижения перепадов температур и термических напряжений [1]. В задачу экспериментального исследования входило определение коэффициента A , характеризующего геометрию канала в садке, по величинам ζ и значению числа Re . Определение коэффициента сопротивления трению в насыпных садках осуществлялось на воздушной физической модели. Модель садки формировали из металлических заготовок, геометрически подобных нагреваемым в производстве, и размещали на решетке. Через садку осуществлялась фильтрация воздуха постоянной температуры.

В ходе эксперимента фиксировался перепад температур в садке при изменении скорости фильтрации воздуха, порозности и высоты садки. Результаты эксперимента обработаны в виде номограмм, представленных на рис. 1 – 2.

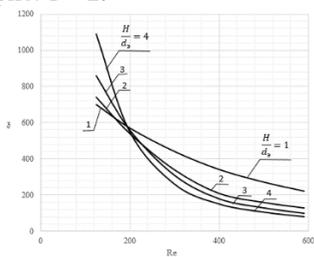


Рис.1. Номограмма для определения коэффициентов сопротивления трению в слое с $f=0.59$.

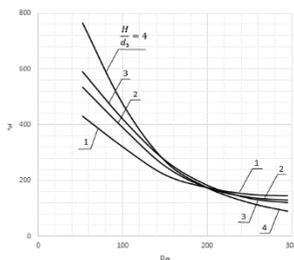


Рис.2. Номограмма для определения коэффициентов сопротивления трению в слое с $f=0.78$.

Из рисунков видно, что кроме порозности и числа Рейнольдса, на коэффициент сопротивления трению в садке влияет безразмерная высота садки. При $H \gg d$ высота слоя на коэффициент сопротивления не влияет.

Библиографический список

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

Е.А. Громова, Р.А. Пелевина, студ.; рук. О.И. Горинов, к.т.н., проф.
(ИГЭУ г. Иваново)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ЗОНЫ ПИРОЛИЗА В ТЕРМИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ

Один из способов переработки твердых коммунальных отходов (ТКО) осуществляется в установках (термических реакторах) процессами пиролиза и газификации.

Имеются различные конструкции и способы, способствующие реализации этих процессов, но отсутствуют методики их проектирования и конструирования.

В результате проведенных исследований получено выражение для определения температурного поля в термически переработанном слое органического сырья, из которого получено выражение для расчета размеров зон пиролиза.

На рис.1 представлена зависимость размера зоны пиролиза от температурного критерия \mathcal{G} и комплекса $a_{эф}/\omega$,

где $a_{эф}$ – эффективный коэффициент слоя ТКО, m^2/c ;

ω – скорость термической переработки, m/c .

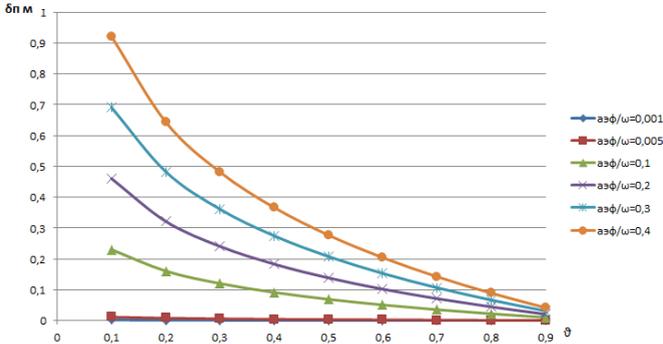


Рис. 1. Размер зоны пиролиза.

Из графиков рис.1. видно, что на величину зоны пиролиза в основном оказывают влияние скорость термических процессов и температурный интервал, в котором осуществляется пиролиз $t''_{П} - t'_{П}$. Величина зоны пиролиза уменьшается с увеличением скорости термических процессов и с уменьшением температурного интервала $t''_{П} - t'_{П}$.

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ОГРАЖДЕНИЙ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Реализация высокотемпературных теплотехнологических процессов в рабочем пространстве тепловых агрегатов сопровождается воздействием температурных, механических и химических факторов на рабочую поверхность ограждения установки. Для защиты поверхностей применяется футеровка материалами с высоким уровнем стойкости к различным типам воздействия. Так как одной из наиболее значимых причин снижения эффективности работы печи является большие тепловые потери через кладку печи, футеровка печей должна обеспечивать минимальные тепловые потери в целях сокращения расхода топлива и повышения КПД печи. Оптимальная толщина слоя футеровки обусловлена температурным режимом работы печи, ёмкостью печи и состоянием рабочей поверхности.

Объектом исследования является системы ограждений, применяемые для существующих нагревательных и термических печей.

Для решения задачи повышения эффективности тепловой работы нагревательных печей проведён анализ конструкций ограждений и материалов, применяемых для футеровки. Огнеупорный слой для боковых, торцевых стен и свода чаще всего выполняют из шамота класса А. В качестве материала для огнеупорного слоя пода печей применяют шамот класса А, магнезит или хромомagneзит. Второй и третий слой ограждения печей выполняются из легковесных теплоизоляционных материалов.

При моделировании рассмотрены варианты существующих ограждений и их тепловая работа в зависимости от режима работы печи при определённых условиях нагрева. При моделировании учитывалось, что температура внутренней поверхности футеровки не должна превышать рабочую температуру у огнеупора. Температура окружающей среды принималась равной температуре воздуха на удалении от внешней поверхности.

Получены температурные поля одно-, двух- и трёхслойных ограждений. Сопоставлены тепловые потери через кладку для боковых и торцевых стен, свода и пода печи.

*Е.С. Калинина, студ.; рук. Н.П. Гусенкова, к.т.н., доц.
(ИГЭУ Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ

При проектировании и конструировании печи перед нами стоит необходимость повысить ее эффективность. Это можно осуществить за счет использования теплоты уходящих газов для нагрева воздуха на горение.

Цель работы: выполнить анализ современного состояния рынка теплообменных устройств и исследований, которые ведутся в данной области. На основе анализа рассмотреть возможные варианты для выбора устанавливаемого на печь теплообменного аппарата, который позволит снизить уровень затрат на его эксплуатацию и повысить эффективность высокотемпературной теплотехнологической установки.

Работы по совершенствованию теплообменных аппаратов осуществляются по нескольким направлениям.[1] В результате исследования были выявлены основные перспективные направления совершенствования теплообменных аппаратов. Первое: использование дискретных шероховатостей. Предлагается увеличить интенсификацию процесса теплоотдачи за счет изменения угла рифления и формы углублений поверхности пластины. В этом случае коэффициент теплопередачи увеличивается без существенного роста гидравлического сопротивления и размеров теплообменника. Применение технологии закрутки SpinCell также позволяет интенсифицировать процесс теплообмена. Матрица SpinCell образована многозаходными теплообменными спирально-профильными трубами, соединёнными в сотовую конструкцию без использования традиционной трубной доски. Такой теплообменник внешне похож на кожухотрубный, а установленная теплообменная матрица выполнена как у пластинчатого теплообменника. Следующее направление это импульсные технологии, которые имеют в своей основе управляемый гидравлический удар. У каждого способа интенсификации теплообмена есть свои достоинства и недостатки. Выполнена оценка эффективности установки теплообменного аппарата для рекуперации теплоты уходящих газов на печи.

Библиографический список

1. Злотин В.Е., Злотин Д.В., Калинин Н.М. Эффективные рекуператоры тепла нового поколения «Новости теплоснабжения», №1,2011.

СЕКЦИЯ 11
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В ТЕХНОСФЕРЕ

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

Секретарь –
студент **Марычева А.Д.**

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

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В работе отмечается, что в последние несколько десятилетий в РФ (РСФСР) происходит постоянное снижение производственного травматизма. Так в 2015 году количество несчастных случаев на 1000 работников снизилось по сравнению с 1980 годом в 6,5 раз [1]. Наиболее интенсивное снижение этого показателя приходится на двухтысячные годы.

В определенной степени это связано со спадом производства в эти годы и уменьшением численности занятых в базовых, наиболее травмоопасных отраслях экономики (обрабатывающих производствах) при одновременном росте численности работников в значительно менее травмоопасных сферах.

Существенное влияние на это снижение оказывает скрываемость производственных травм. В рамках работы рассчитан объем скрываемости в 2015 г. как в целом по стране, так и по видам экономической деятельности к субъектам федерации.

Также показано, что в настоящее время условия труда на рабочих местах на 93% формируются травмоопасными факторами, обуславливающими травмирование работников, и лишь на 7% - вредными гигиеническими факторами, приводящими к профессиональным заболеваниям, на профилактику которых направлена специальная оценка условий труда. При этом оценка условий труда по травмоопасным факторам вообще не проводится.

В работе намечены концептуальные подходы к решению проблемы производственного травматизма, в т.ч. и проблемы скрываемости несчастных случаев.

Проведены исследования по выявлению и анализу статистической связи профзаболеваемости с условиями труда работников. Показана достаточно тесная связь количества профзаболеваний с количеством занятых во вредных условиях труда. Предложена корректировка компенсаций за работу во вредных условиях.

Библиографический список

1. Результаты общероссийского мониторинга условий и охраны труда за 2015г. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://eisot.rosmintrud.ru/index.php/monitoring-usloviy-i-okhrany-truda>.

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

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКА СТОЛЯРНОЙ МАСТЕРСКОЙ

Обеспечение безопасной жизнедеятельности человека в большей степени зависит от правильной оценки опасных и вредных производственных факторов. Одинаковые по тяжести изменения в организме человека могут быть вызваны различными причинами

Специальная оценка условий труда (СОУТ) - единый комплекс последовательно выполняемых процедур по выявлению и оценке уровня воздействия вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса на работников.

По результатам проверки соответствия рабочего места требованиям безопасности заполняют карты специальной оценки условий труда, в которых фиксируются нормативное и фактическое значение факторов, характеризующих условия труда. В зависимости от отклонения их от нормы, наличия и степени выраженности тяжести и напряженности труда, соответствия требованиям безопасности средств индивидуальной защиты производится гигиеническая классификация условий труда согласно [1].

В данной научно-исследовательской работе оценивались условия труда работника столярной мастерской с целью разработки мероприятий по их улучшению.

В столярной мастерской имеется оборудование: циркулярная пила, продольно-строгальный станок и рейсмус.

В результате идентификации вредных факторов установлено, что оценке подлежат следующие факторы:

- шум;
- тяжесть трудового процесса;
- воздействие аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД).

В докладе приведены результаты СОУТ данного рабочего места, а также указаны мероприятия, которые следует реализовать с целью улучшения условий его труда.

Библиографический список

1. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 января 2014 г. № 33н. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://base.garant.ru/70583958/>.

*М.И. Румянцева; Н.В. Уланова студ.; рук. А.Г. Горбунов к.т.н., доц.,
Рогожников Ю.Ю. к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)*

**СОЗДАНИЕ MICROSOFT ACCESS БАЗЫ ДАННЫХ О
СТУПЕНЧАТОМ КОНТРОЛЕ СОСТОЯНИЯ ОХРАНЫ
ТРУДА В ИГЭУ**

Для обеспечения на рабочих местах условий труда в соответствии с государственными нормативными требованиями, важное значение имеет эффективное управление охраной труда (ОТ) в организации или на предприятии. Одной из значимых составляющих многогранного понятия «эффективность управления охраной труда» является достаточно быстродействующая обратная связь, позволяющая регулярно и достоверно получать информацию о текущем состоянии объекта управления.

В настоящее время весьма распространенной и достаточно эффективной является трехступенчатая система управления ОТ на предприятиях. Некоторым недостатком этой системы является неоправданно большие затраты времени на регистрацию результатов контроля обусловленные архаичностью процедуры и трудности взаимодействия между ступенями.

В работе предпринята попытка создания трехступенчатой системы управления ОТ на базе современных информационных технологий. Созданы базы протоколов контроля на первой и второй ступенях, установлена связь между протоколами первой и второй ступеней. Предусмотрен доступ руководителя оперативного персонала предприятия к результатам контроля на первых двух ступенях с целью быстрее устранения выявленных нарушений. В тоже время имеется возможность хранения результатов контроля с целью использования при определении ежемесячных надбавок стимулирующего характера. При подобном подходе получается значительная экономия времени проверяющего на оформление результатов контроля, при этом лицо, осуществляющее контроль получает возможность в конце каждого месяца получить суммарные данные о нарушениях, что позволит более объективно принимать управленческие решения.

Важно, что программа позволяет отслеживать устранение выявленных нарушений и, тем самым, контролировать результативность работы лиц, призванных устранять выявленные нарушения. В целом, внедрение подобной системы ступенчатого контроля значительно повысит эффективность управления охраной труда.

*А.Д. Марычева, студ.; рук. Ю.М. Овсянников, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ТОРГОВЛИ НА УРОВЕНЬ ЗВУКА В ЖИЛОЙ ЗОНЕ

Современное развитие розничной торговли в городах происходит по пути укрупнения торговых точек. При этом расположение крупных торговых центров выбирают из условия максимальной транспортной и пешеходной доступности. Всё это приводит к значительному сокращению расстояния между торговыми центрами и жилой зоной, увеличивая общий уровень шума в жилой зоне за счёт работы систем кондиционирования и вентилирования торговых центров.

Методика расчёта звуковых полей закреплена в нормативных документах ГОСТ 31295.1-2005, ГОСТ 31295.2-2005. Одной из реализаций данной методики является ПО «ЭКОцентр. Шум» [1].

В качестве примера оценки уровня шума от объекта торговли, рассмотрен торговый комплекс, расположенный по адресу: г. Иваново, ул. Лежневская, д. 164. Особенностью данного объекта является то, что расположенные сзади объекта конденсаторы воздушного охлаждения, являющиеся рассматриваемыми источниками шума, находятся на расстоянии всего 40 м от ближайшего жилого дома и его придомовой территории.

В работе показано, что мощные системы кондиционирования в населённых пунктах могут быть и зачастую являются причиной превышения допустимых уровней звука в жилых зонах.

Применение современного ПО позволяет учесть влияние системы кондиционирования на уровень шума в прилегающей к торговому объекту жилой зоне ещё на стадии проектирования, что может значительно сократить издержки связанные с необходимостью снижения уровня звука от уже существующей системы кондиционирования.

Библиографический список

1. **Официальный сайт программы Шум «Эко-центр».** – URL: <http://eco-s.ru/products/noise> (дата обращения 25.12.2016).
2. **Промышленные холодильные системы. Теплообменное оборудование.** – URL: <http://www.phs-holod.ru/products/teploobmen.html> (дата обр. 15.01.2018).
3. **СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».** – URL: http://www.transform.ru/Npa_htm/SanPin/Sanshum/body.htm (дата обр. 15.01.2018)

*А.Е. Логачева, студ.; рук. Ю.М. Овсянников, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ УЧЕБНОЙ АУДИТОРИИ

Применение современного ПО, например, программы «DIALux» для расчёта освещённости на РМ позволяет повысить точность расчёта параметров освещения, сократить время расчёта. Однако применение данного ПО предполагает умение правильно строить и задавать параметры компьютерной модели помещения и системы освещения.

Для оценки данного умения был проведён эксперимент с измерением фактической освещённости, создаваемой системой искусственного освещения в учебной аудитории В516 ИГЭУ, а также построение соответствующей компьютерной модели.

Экспериментально установленные и рассчитанные с помощью ПО значения минимальной и максимальной освещённости, а также их сравнение, приведены в таблице 1.

Здесь E_{\min} , E_{\max} – минимальная и максимальная освещённость на учебных местах в аудитории, соответственно. Необходимо отметить совпадение распределения освещённости на поверхности парт, в т.ч. геометрически совпадают и приведённые в таблице значения максимальной и минимальной освещённости.

Таблица 1 - Сравнение экспериментальных данных и данных программы

	Эксперимент	DIALux	Погрешность, %
E_{\min} , лк	303	318	5
E_{\max} , лк	589	592	0,5

Полученная погрешность может быть объяснена неточностями исходных данных.

В целом, построенную компьютерную модель системы освещения учебной аудитории В516 можно считать адекватной, а методику построения модели верной.

Библиографический список

1. Справочная книга по светотехнике, под. ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – С. 472.
2. DIALux - расчет и проектирование освещения. – URL: <http://www.dialux-help.ru> (дата обращения: 05.11.2017).

*В.Ю. Егорова, студ.; рук. Ю.М. Овсянников, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ВКЛЮЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ В КУРС БЖД

Курс БЖД, читаемый студентам ИГЭУ не профильных направлений подразумевает порядка 30-ти часов самостоятельной подготовки. Одним из способов повышения эффективности подобной подготовки является использование современных элементов дистанционного обучения с применением возможностей сети интернет.

Для этих целей предлагается использовать платформу Moodle, развёрнутую в виде сайта сети интернет. Имя сайта «<http://examing.me>» уже зарегистрировано и доступно в сети интернет. Ведётся работа над дальнейшими этапами построения системы дистанционного образования в рамках курса БЖД ИГЭУ.

Система Moodle позволяет каждому студенту индивидуально знакомиться с предложенными темами курса, проходить контроль, в виде выполнения тестовых заданий, вести учёт пройденного материала.

Кроме дистанционной составляющей подобная система может быть использована на базе компьютерных классов факультетов для прохождения промежуточного контроля в системе РИТМ, применяемой в университете.

Данный подход позволит разгрузить преподавателя от большого объёма работы, связанного с ручной проверкой проведённого контроля. Так при количестве студентов на потоке порядка 100 человек на проверку всех работ будет уходить в общей сложности не менее четырёх часов.

Реализация поставленной цели сопряжена с решением как информационных, так научно-педагогических задач.

Таким образом, внедрение системы Moodle в процесс обучения студентов дисциплине БЖД повысит эффективность их самостоятельной работы и является целесообразным и своевременным процессом.

Библиографический список

1. **Аннотация рабочей программы дисциплины «Безопасность жизнедеятельности»** – URL: http://ispu.ru/files/140400.62_RPD_ES-ESS.pdf (дата обращения 15.01.2018).
2. **Домашняя страница проекта Moodle** – URL: <https://moodle.org> (дата обр. 15.01.2018).

*М.А. Павлов, студ.; рук. Г.В. Попов д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОПТИМИЗАЦИЯ УРОВНЯ ШУМА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

Снижение шума в жизнедеятельности человека становится актуальной проблемой. Среди всех шумов, оказывающих воздействие на человека выделяется шум производственного происхождения. На некоторых предприятиях уровень производственного шума достигает высоких значений. Это вызвано использованием высокопроизводительных машин и механизмов, возрастанием рабочих скоростей.

В связи с этим, появляется потребность в оптимизации уровней шума на рабочих местах. Рабочие места могут быть неправильно спроектированы или не эффективно размещены источники шума. Все это может привести к ухудшению здоровья персонала. В ряде случаев снижается производительность трудового процесса.

Для правильного проектирования рабочего места нужно руководствоваться:

- ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»;
- ГОСТ 12.2.033-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования».

Оптимизация уровня шума на рабочем месте это одна из нескольких пунктов эргономики. Можно сделать вывод, что правильное проектирование рабочего места снизит воздействие шума, уменьшит вероятность возникновения профессиональных заболеваний и минимизируются стрессовые состояния, вызванные различными источниками шума.

Библиографический список

1. **Андреева-Галанина Е.Ц.** Шум и шумовая болезнь. - М.: Наука, 2000.
2. **Юдина Т.В.** Борьба с шумом на производстве. - М.: Просвещение, 2004.
3. **Поспелов П.И.** Проблемы акустического обоснования при проектировании шумозащитных экранов // Наука и техника в дор. отрасли. - 2001. - № 4.

*К.А. Рачкова, студ.; рук. Г.В. Попов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АНАЛИЗ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Среди многочисленных показателей, отражающих социально-экономическое состояние региона, важная роль принадлежит показателям демографических процессов.

Президент РФ постоянно говорит о демографической проблеме страны как ключевой, непосредственно влияющей на национальную безопасность.

Новые меры поддержки российских семей заработают уже с 1 января 2018 года.

1) Появится ежемесячная денежная выплата при рождении первого ребенка и до достижения им 1,5 лет. В среднем в 2018 году сумма составит 10532 рубля, в 2019 - 10836 рублей, в 2020 - 11143 рубля.

2) Материнский капитал. Со времени введения этой меры прошло уже 11 лет, и проект должен был завершиться в конце следующего года. Путин объявил: решено продлить программу до 31 декабря 2021 года.

3) Будет расширено число регионов, которые получают софинансирование из федерального бюджета на выплату пособия на третьего ребенка.

4) С 1 января 2018 года будет предусмотрено субсидирование процентной ставки сверх 6 процентов в течение трех лет с даты выдачи кредита на второго ребенка и пяти лет на третьего.

В докладе анализируется демографическая ситуация в Ивановской области.

Наблюдаемые здесь процессы носят деструктивный характер: превышение уровня смертности над уровнем рождаемости, высокий уровень детской смертности, неудовлетворительное состояние здоровья в репродуктивных возрастах, наркотизация и алкоголизация молодежи и т.д.

Задача, которую я пытаюсь решить - оценить уровень этих деструктивных процессов в сопоставлении с соседними регионами и выявить причины, их вызывающие.

*Н.С. Сенюшкина, студ; рук. Г.В. Попов д.т.н. проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ИНСТИТУТА СЕМЬИ В РФ КАК ОСНОВЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Семья - важнейший институт социализации, так как является обычной средой существования и развития человека от рождения и до смерти. Стилль семейной социализации связан с национальной культурой, традициями, а в их рамках - с социальной принадлежностью, уровнем образования, нравственными установками родителей. Эти обстоятельства влияют на характер воспитания детей.

В нашей работе мы использовали данные переписи населения 2010 года и другие источники. В частности, была составлена следующая таблица (табл.).

Таблица - Семейные ячейки по числу детей моложе 18 лет

	Всего семейных ячеек	из них, имеющие детей моложе 18 лет	с одним ребенком	с двумя детьми	с тремя детьми	с четырьмя детьми	с пятью и более детьми
Российская Федерация	4066579	17285907	11664737	4615876	775472	163091	66731
Супружеские пары без детей	12416346						
Супружеские пары с детьми	17142199	11635272	7112171	3684784	643715	137325	57277
Матери с детьми	9780878	5002597	4007998	842352	119976	23615	8656
Отцы с детьми	1326156	648038	544568	88740	11781	2151	798

В докладе рассматривается статистика семей с детьми в различные периоды существования СССР и РФ, а также статистика, раскрывающая основные причины разводов супружеских пар.

Основными причинами разводов считаются следующие: конфликт интересов (26,6 %), асоциальные проявления (24,8 %), конфликты из-за жилищных и материальных проблем (21,6 %), измена, ревность, неудовлетворенность интимными отношениями (18,1 %), проблемы со здоровьем, в том числе невозможность иметь детей (4,6 %).

*Л.А. Тимофеева, студ.; рук. Г.В. Попов д.т.н. проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

К ВОПРОСУ О ТЕРРОРИЗМЕ

Терроризм в настоящее время является одной из наиболее негативных проблем современности. Он наносит обществу ущерб, принципиально отличающийся от того, который причиняют "обычные" преступления или стихийные бедствия.

Терроризм в современном мире технологичен, жесток и масштабен. За 2017 год во многих странах было совершено 1787 терактов различной величины. Статистика жертв терроризма в мире зафиксировала 13 759 убитых и 16 683 раненых. Большинство из них погибло в результате взрывов бомб заложенных боевиками в многолюдных местах. Многие жертвы терроризма по статистике похищены боевиками, в частности женщины в Сирии, Ираке, Ливане с целью их продажи на черном рынке. Таких случаев отмечено – 4034. Пугающая статистика терроризма во многом вызвана началом военных действий на территории Сирии против боевиков ИГИЛ.

В нашей работе мы пытались выявить исторические аспекты происхождения терроризма, его виды, социально-психологические особенности и питательную среду. Был проведен анализ теракта «Норд ост» и выявлены ошибки при освобождении заложников.

Основой нашего исследования является моделирование теракта в столовой ИГЭУ. Предложены алгоритмы наиболее быстрой эвакуации и организации спасательных работ. Даются рекомендации по подготовке людей к возможным террористическим актам.

Необходимо отметить, что терроризм давно вышел за национальные рамки и приобрел международный характер. Он стал эффективным орудием устрашения и уничтожения в извечном и непримиримом споре разных миров, кардинально отличающихся друг от друга своим пониманием, осознанием и ощущением жизни, своими нравственными нормами, своей культурой

Библиографический список

1. **Латов Ю.В.** Экономический анализ современного терроризма. Учебное пособие для вузов. М.: Академия управления МВД России, 2007. - 88 с.
2. **Петрищев В. Е.**, Заметки о терроризме, М., 2001г.

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

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Оценка экологической безопасности подразумевает анализ и определение величины экологического риска различными методами.

Для редких опасных событий и явлений техногенного или природного характера неприемлем вероятностный подход к оценке риска. Решением данной проблемы является разработка специальных шкал, переводящих качественные оценки в другие "качественные". Применяются следующие шкалы: номинальная шкала измерений (или шкала наименований); шкала порядка (например, шкалы скорости ветра Бофорта и силы землетрясений Рихтера); шкала интервалов; абсолютная шкала.

В последние годы широкое распространение получили так называемые матрицы риска, которые ощутимо облегчают процесс классификации и оценки риска. В РФ аналогичный подход представлен в ГОСТ Р 51901.4–2005 "Менеджмент риска. Руководство по применению при проектировании". Матрица риска показывает зависимость уровня (категории) риска от соотношения вероятности события и тяжести его последствий. Однако метод матриц риска весьма субъективен и близок по своей сути к методу экспертных оценок.

Карты риска как важный элемент системы оценки и управления риском, сравнительно давно применяются на Западе, а теперь и в России. Такое представление риска в виде изолиний весьма удобно для лиц, принимающих решение (ЛПР), при планировании и организации мероприятий по снижению рисков и смягчению последствий высоких рисков загрязнения соответствующего компонента природной среды.

На сегодняшний день также разработано множество методов количественной оценки риска, которые широко применяются в большинстве развитых стран мира при определении количественного ущерба для здоровья от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды. Так, например, оценка экологического риска воздействия химических веществ на состояние здоровья населения начала использоваться в США с 1980-х годов.

Количественные оценки качества компонентов природной среды проводят с помощью индикаторов, индексов качества, либо путем расчета величины экологического риска.

Библиографический список

1. **Музалевский А.А., Яйли Е.А.** Управление безопасным функционированием сложных систем в условиях ЧС с использованием инструмента риска // Безопасность жизнедеятельности. – 2006. – № 7. – С. 33-39.
2. **Карлин Л.Н., Музалевский А.А.** Рискологические исследования в РГТМУ // Безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 2. – С. 5-19.

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

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

В проведенном исследовании рассмотрен процесс анаэробного сбраживания, поскольку он является одним из распространенных методов обезвреживания осадков сточных вод.

Сбраживание осадков в метантенках возможно в двух режимах: мезофильном (33 °С) и термофильном (53 °С). Выбор режима сбраживания производится с учетом методов последующей обработки и утилизации осадков, а также санитарных требований.

Термофильный процесс протекает примерно в 2 раза быстрее мезофильного (10-8 дней против 25-20) и обеспечивает полную дегельминтизацию осадка, что отвечает санитарным требованиям. Но с другой стороны, такое сбраживание требует дополнительного расхода топлива на подогрев метантенков. К тому же, осадок, сброженный в термофильных условиях, труднее отдает воду для его промывки.

Расчет метантенков заключается в подсчете количества образующихся на очистной станции осадков, выборе режима сбраживания, определении требуемого объема сооружений и степени распада беззольного (органического) вещества осадков.

Расчет и проектирование процесса обезвреживания сточных вод был проведен для типовых конструкций метантенков.

В ходе исследования были выполнены два варианта расчета с разными наборами типовых метантенков с осуществлением процесса сбраживания в мезофильном и термофильном и выявлены различия в полученных показателях процесса очистки.

К установке на станции биологической очистки были выбраны три типовых метантенка диаметром $d=12,5$ м и полезным объемом рудного резервуара 1000 м^3 , высотой верхнего конуса 1,9 м, цилиндрической части – 6,5 м, нижнего конуса – 2,35 м.

По выходу газа была определена степень распада беззольного вещества - 44,8 %, исходя из которой подсчитана масса беззольного вещества в сброженной смеси - 4,14 т/сут. Поскольку зольная часть не подвергается изменениям в процессе сбраживания, то масса сухого вещества в сброженной смеси составила 7,44 т/сут, зольность сброженной смеси равна 42 %, а ее влажность - 97,3%, что позволило сделать вывод, что в процессе сбраживания происходит увеличение влажности и зольности смеси.

Библиографический список

1. **Инженерная экология:** Практикум / Ю.В. Шувалов, М.А. Пашкевич, Т.И. Нифонтова, М.Ш. Баркан, Е.И. Домпальм, А.Н. Маковский. Под ред. Ю.В. Шувалова. – СПб: Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет), 2007. – 55 с.

Т.А. Звонарева, студ.; рук. Е.А. Пышненко, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

При математическом описании зависимости одного параметра от другого используются различные функциональные зависимости, в частности уравнения регрессии.

Уравнения бывают двух видов: линейные и нелинейные.

Были рассмотрены результаты двух экспериментов: 1) данные о концентрации взвешенных веществ за время работы отстойного устройств; 2) показания прибора $U_{пр}$ для определения концентрации загрязняющих веществ в потоке жидкости от в зависимости от величины концентрации. В результате исследования было выявлено, что первую зависимость можно описать с помощью гиперболической регрессии, так как исходная зависимость концентрации взвешенных веществ за время работы устройства в основном совпадает с полученной в результате расчета гиперболической функциональной зависимостью. Это можно увидеть на графике сопоставления результатов мониторинга и расчета (рис. 1).

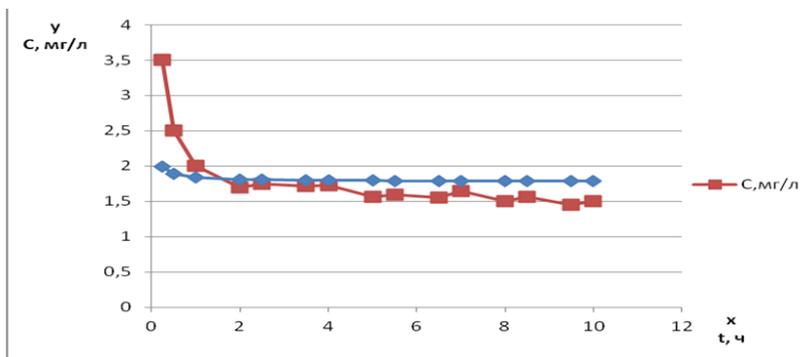


Рис. 1. Сопоставление результатов мониторинга и расчета исходя из нелинейной регрессии

Было также установлено, что данные измерений второго эксперимента не позволяют описать процесс с помощью линейной регрессии, так как исходная зависимость показаний прибора от концентрации загрязняющих веществ не совпадает с линейной функцией. Однако исходная зависимость очень близка к расчетной.

Библиографический список

1. Шашков В.Б. Прикладной регрессионный анализ/ ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет». – Оренбург, 2003.-362 с.

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

ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ В ООО «ЭНЕРГОСИСТЕМЫ»

Производство электромонтажных работ характеризуется воздействием опасных и вредных факторов и возникновением опасных зон, а значит связано с повышенным профессиональным риском для работников. В результате анализа условий труда работников, выполняющих работы по монтажу электрооборудования на предприятии были выявлены следующие воздействующие на них опасные факторы.

Для более подробного анализа техногенной безопасности была рассмотрена профессия стропальщика, у которого были обнаружены такие дополнительные риски, как неустойчивое расположение грузов на транспортных средствах или месте складирования; попадание грузоподъемной машины под напряжение; стихийные природные явления (сильный ветер, гроза, туман и т.п.); возникновение на грузоподъемной машине пожара.

Перед началом работ кранов и подъемников необходимо выделить опасные зоны, в пределах которых постоянно действуют или могут действовать опасные факторы, связанные или не связанные с характером выполнения работ. Определим размер опасной зоны на основе методики, указанной в учебном пособии [1]. Для расчетов были взяты параметры автомобильного крана КС-2561 К-1, используемые предприятием при выполнении электромонтажных работ.

Согласно данной методике был произведен расчет отлета груза по формуле:

$$S_H = 0,32\omega R\sqrt{h}.$$

Возможная опасная зона при работе автомобильного крана на вылете $R=11$ м, при подъеме груза массой 2 т на высоту $h=12$ м, при угловой скорости вращения стрелы $\omega = 0,1$ с⁻¹ равна 1,2 м.

Также было определено положение границы опасной зоны на берме выемки глубиной 3 м в суглинистых грунтах по следующей формуле:

$$l_H = 1,2h\alpha + 1.$$

След плоскости скольжения от возможной призмы обрушения на берме, свободной от нагрузки оказался равным 2,8 м при исходных данных.

Библиографический список

1. **Безопасность жизнедеятельности:** в вопросах и ответах, задачах и решениях: Учеб. пособие / А.Г. Горбунов, В.И. Дьяков, В.Н. Ларионов, Г.В. Попов, А.К. Соколов, В.П. Строев, А.И. Тихонов, К.В. Чернов – Иван. гос. энерг. ун-т. – Иваново, 2000. – 408 с.

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

ВЫБОР И РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ГАЗООЧИСТКИ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ МУП ОКИТС

Выбор пылеулавливающих аппаратов без должного учета многочисленных факторов, среди которых определяющими являются санитарные требования к степени очистки, технологические параметры выбросов, физико-химические свойства удаляемой из отходящих газов пыли, стоимость показатели процесса очистки, влияющих на их работу, часто приводит к низкой эффективности и недостаточной надежности их работы. Выбор метода очистки газов в основном зависит от требования к степени очистки газов.

Окончательный выбор производят с учетом режима работы технологического агрегата, требований к автоматизации, перспектив расширения производства, величины приведенных затрат и т. д.

На предприятии МУП ОКИТС г. Кинешма установлен наждачный станок. При выполнении работ на станке выделяется пыль размером 30 мкм, поэтому для снижения концентрации пыли в воздухе рабочей зоны должно быть предусмотрено очистное оборудование. Проведем расчеты эффективности очистки некоторых сооружений, проанализируем результаты и выберем наиболее подходящий из аппаратов, учитывая технико-экономические возможности предприятия.

Анализ результатов расчетов показал, что для предприятия МУП ОК и ТС г. Кинешма наиболее выгодно использовать циклон. Для выбора очистного сооружения для предприятия сравним два циклона (табл. 1).

Таблица 1 - Сравнение показателей работы циклонов

Показатель	Тип циклона	
	ЦН-15У	ЦН-11
Коэффициент гидравлического сопротивления ξ	143,375	232,75
Значение гидравлического сопротивления ΔP	864,219	1402,94
Эффективность очистки газов в циклоне η	0,976	0,987
Концентрация пыли на выходе из циклона $C_{\text{вых}}$, мг/м ³	0,3487	0,183

Сравнение показало, что для предприятия подойдет использование циклона ЦН-15У, для которого характерны низкие технико-экономические показатели. Данный вид циклонов применяется при отсутствии в месте установки достаточных габаритов по высоте.

Библиографический список

1. Баркан М.Ш. и др. Методы и системы очистки газов. Учебное пособие / М.А. Пашкевич, Е.И. Домпальм, В.В. Бурмистрова. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский Государственный Горный Институт, 2006. – 94 с.

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

ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ПРОЦЕССА РАССЕЙВАНИЯ ВЫБРОСОВ "VIBROSEEP"

Программа "VibrosEEP" предназначена для расчета концентраций веществ, предельно допустимых выбросов и минимально допустимой высоты трубы. На кафедре БЖД разработана новая версия программы, которая позволяет учитывать эффект суммации вредного действия веществ. Программа предназначена для использования в учебных курсах "Экологическая экспертиза проектов" и "Экология".

В работе приводятся результаты тестирования программы, для выявления ошибок, допущенных при ее разработке.

При планировании тестов были подготовлены исходные данные и заранее рассчитаны или определены (придуманы) очевидные ожидаемые результаты [1]. Ошибка в программе обнаруживалась при несовпадении ожидаемого результата с результатом выведенным программой.

Для проверки программы на ошибки были проведены следующие группы тестов.

1. Проверка защиты от ввода значений параметров, выходящих за установленными программой пределами. Для каждого вводимого параметра вводились четыре значения близких к установленным пределам. Два значения в допустимом диапазоне (программа должна была их ввести) и два – за его пределами (программа должна была сообщить об ошибке ввода).

2. Цель второй группы тестов заключается в проверке правильности расчетов концентраций веществ, предельно допустимых выбросов (ПДВ) и минимально допустимой высоты трубы H_{\min} . Ожидаемые результаты расчета, были получены с помощью в программы MathCad. Результаты расчета ПДВ и H_{\min} (обратные задачи) проверялись путем решения прямых задач (расчета концентраций веществ в приземном слое воздуха) и проверки выполнения условия допустимости воздействия, которое должно было выполняться на пределе.

В ходе тестирования программы было обнаружено несколько ошибок при организации защиты от ввода недопустимых значений параметров.

Библиографический список

1. Соколов А.К. Проектирование тестов для программ, рассчитывающих температурные поля// Изв. вузов. Черная металлургия, № 7.– 1987. – с. 144-147

К.В. Горбунова, Н.В. Лёвкина, студ.;

рук. А.К. Соколов, д.т.н., проф. (ИГЭУ, г. Иваново)

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ "ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ПРОЕКТОВ"

Тесты сформированы с помощью программы MyTestXPro [1].

При итоговом тестировании знаний по дисциплине каждому студенту случайным образом задавалось по 55 вопросов из общего количества вопросов в базе равном 311.

Результаты, полученные в ходе тестирования 15 студентов, были представлены таблице, фрагмент которой показан в табл. 1.

Таблица 1 - Результаты студентов по заданиям

Ф.И.О. студента	№ задания								П	Н	О
	1	2	3	4	5	...	310	311			
Николаев Р.Д.	П	Н	П	П	-		П	П	4	1	3
Рачкова К.А.	Н	П	-	Н	П		Н	-	2	3	4
Ситникова А.С.	Н	П	-	П	П		П	-	4	1	4

Примечание: "П" правильные ответы; "Н" - неправильные ответы, "-" – вопрос не заданные, "О" – оценка.

Анализ позволил оценить результативность усвоения материала студентами и выявить ошибки, которые они наиболее часто допускались при выполнении теста.

По результатам тестирования рассчитаны проценты правильных ответов по темам курса, определены задания, на которые давали правильные ответы большинство студентов, и задания, которые вызвали затруднения при выборе правильного ответа (табл. 2.).

Таблица 2 - Количество тестовых заданий и правильных ответов

Тема	Количество	
	вопросов	правильных ответов, %
Законодательная защита окружающей среды	16	90
ФЗ «О техническом регулировании»	16	90
Основы экологической экспертизы проектов	42	70
Оценка допустимости загрязнения гидро- и атмосферы	160	61
Основы проектирования	75	67
Всего	309	85

На основании анализа результатов сделан вывод, что недостаточно хорошо был освоен раздел "Основы экологической экспертизы". Результаты анализа позволят скорректировать процесс обучения.

Библиографический список

- 1. Справочное** руководство по программе [Электронный ресурс] – режим доступа: http://mytest.klyaksa.net/wiki/Заглавная_страница

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

О ТРЕБОВАНИЯХ, ЗАПРЕЩАЮЩИХ СБРОС СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОЕМЫ

Экологическое благополучие водоёмов зависит от показателей качества воды в водоёме, которые должны соответствовать нормам. Параметры качества воды установлены гигиеническими нормами в соответствии с СанПиН 2.1.5.980-00 [1]. Требования к качеству воды зависят от назначения и категории водоёмов. По назначению водные объекты разделяют на два вида (для нужд населения и для рыбохозяйственных целей).

В СанПиН 2.1.5.980-00 [1] установлены и описаны требования к запрету сброса сточных вод, которые следует учитывать при оценке допустимости сброса сточных вод и планировании методов снижения воздействий на водоемы.

Для оценки допустимости воздействий сбросов и определения нормативных (безопасных) сбросов методом математического моделирования процессов в водоеме необходима формализация требований к запрету сброса.

В качестве примера рассмотрим формализацию трех требований к содержанию (концентрации) взвешенных веществ в контрольном створе проточного водоема $c_{кc}$:

- величина $c_{кc}$ не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями (фоном) $c_{ф}$ более чем на $0,25 \text{ мг/дм}^3$;
- в межень при $c_{ф}$ более $c_{ф,м} = 30 \text{ мг/дм}^3$ допускается увеличение их содержания в воде в пределах 5%;
- запрещаются к спуску взвеси со скоростью выпадения $v_{пр}$ более $0,4 \text{ мм/с}$.

В формализованном виде условие выполнения этих требований запишется в виде произведения логических условий

$$c_{кc} - c_{ф} < 0,25 \wedge 100 \cdot (c_{кc} - c_{ф,м}) / c_{ф,м} \leq 0,05 \wedge v_{пр} \leq 0,4$$

В докладе предложены математические описания требований [1] к температуре, запаху, плавающим примесям, минерализации воды, растворенному кислороду и др.

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>

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

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ТЕМЕ "УПРАВЛЕНИЕ ЭКОСИСТЕМОЙ "ОЗЕРО""

Лабораторная работа "Управление экосистемой "Озеро"" выполняется в курсах "Экология" и "Управление техносферной безопасностью" для изучения закономерностей функционирования водной экосистемы и приобретение навыков управления сложной системой [1]. Естественные и искусственные процессы в экосистеме, изменение ее состояния под действием управляющих природоохранных воздействий моделируются компьютерной программой "Озеро" [2].

Для создания тестовых заданий при сдаче отчета по работе использовалась программа MyTestXPro [3] и материалы учебно-методического пособия [1]. Методические указания для выполнения работы в [1] описаны на 15 стр.

Тесты для снижения вероятности задания однотипных вопросов были разделены на темы: 1 – описание экологической системы, 2 – параметры экосистемы и 3 – управление экосистемой.

Задания были представлены разными формами (типами), такими как: одиночный выбор, множественный выбор, установление порядка следования, ручной ввод числа и др. (табл.).

Таблица - Типы и количество заданий

Тема	Кол-во вопросов	Тип задания			
		Одиночный выбор	Множественный выбор	Перестановка букв	Другой
1.	8	3	3	2	
2.	7	5	1	0	1
3.	13	7	0	0	6

Проверка эффективности и работоспособности базы тестовых заданий для контроля усвоения знаний была проведена при сдаче отчетов по лабораторной работе курса "Экология" студентами ЭМФ. Качество тестовых заданий было оценено путем анкетирования студентов.

Библиографический список

1. **Соколов, А.К.** Оценка и обеспечение экологической безопасности: учеб. пособие/ А. К. Соколов, Федеральное агентство по образованию, ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2016. – 147 с. ISBN
2. **Обучающая** имитационная игра "ОЗЕРО" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://old.kpfu.ru/nilko/history.htm>.
3. **Справочное** руководство по программе [Электронный ресурс] – режим доступа: http://mytest.klyaksa.net/wiki/Заглавная_страница

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

СИСТЕМОЛОГИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ ЦЕХА В ЦЕЛЯХ ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОПАСНОСТЕЙ

Техногенные воздействия относят к опасным или неопасным по результатам сопоставления значений их показателей с предельно допустимыми. Обнаружению опасностей предшествует исследование технологии газопотребления в кузнечно-прессовом цехе и её системнологическое представление.

Назначение кузнечно-прессового цеха состоит в производстве штамповок и поковок разной массы из металлических заготовок. Заготовки перед обработкой давлением нагреваются в двухкамерных, однокамерных и щелевых печах, а готовые штамповки и поковки – в термических печах. Печи отапливаются природным газом.

Система газопотребления кузнечно-прессового цеха имеет в своём составе: газопровод-ввод, передающий газ в цех из межцехового газопровода; внутрицеховой газопровод; газорегуляторное устройство №1, подающее газ к проходным термическим печам; газорегуляторное устройство №2, подающее газ к двухкамерным, однокамерным и щелевым печам; обвязочные газопроводы печей. В эксплуатации системы газопотребления участвуют слесари-газовщики и дежурные слесари.

Технология газопотребления кузнечно-прессового цеха может быть представлена посредством техногенной системы (табл.).

Таблица - Система газопотребления кузнечно-прессового цеха

Номер	Название	Функция
0	Кузнечно-прессовый цех	Производство штамповок и поковок
1.0	Здание цеха	Размещение оборудования и работников
2.0	Внешняя среда	Размещение компонентов, взаимодействующих с компонентами цеха
<i>Здание цеха</i>		
1.1.0	Помещения участков	Размещение оборудования участков
2.1.0	Вспомогательные помещения	Обеспечение производства продукции
3.1.0	Работники цеха	Эксплуатация оборудования
4.1.0	Газопровод-ввод	Передача газа в цех
...

Последующая декомпозиция приводит к глубокому и полному раскрытию компонентного состава и функций.

Системнологическое представление позволяет выявлять разновидности вещества и энергии, определяющие содержание воздействий, для последующего выражения этих воздействий количественными показателями и вычисления их значений.

Л.С. Сеницына, студ.; рук. К.В. Чернов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

СИСТЕМОЛОГИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ПОДСТАНЦИИ В ЦЕЛЯХ ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОПАСНОСТЕЙ

Техногенные воздействия по итогам сопоставления значений их показателей с предельно допустимыми относят к опасным или неопасным. Обнаружению опасностей предшествует исследование технологии преобразования электроэнергии на подстанции ПС 110/10 кВ и её системно-логическое представление. Назначение ПС состоит в приёме электрической мощности напряжением 110 кВ, трансформации энергии и передаче мощности напряжением 10 кВ потребителям.

Система преобразования электрической энергии на ПС имеет в своём составе вводные конструкции для линий электропередачи, открытое распределительное устройство (ОРУ) напряжением 110 кВ, силовые трансформаторы, общеподстанционный пункт управления (ОПУ), закрытое распределительное устройство (ЗРУ) на 10 кВ, ОРУ 10 кВ и другое оборудование. В эксплуатации системы преобразования электроэнергии участвуют электромонтеры по обслуживанию подстанций и работники оперативно-выездной бригады.

Технология преобразования электрической энергии на подстанции может быть представлена посредством техногенной системы (табл.).

Таблица - Система преобразования электрической энергии на подстанции

Номер	Название	Функция
0	ПС 110/10 кВ	Передача электроэнергии потребителям
1.0	Площадка с оборудованием ПС	Размещение оборудования ПС
2.0	Внешняя среда	Размещение компонентов, взаимодействующих с компонентами ПС
<i>Площадка с оборудованием ПС</i>		
1.1.0	Воздушный массив над площадкой	Участие в вещественно-энергетическом обмене с компонентами системы
2.1.0	Вводные конструкции	Ввод электрической мощности на ПС
3.1.0	ОРУ 110 кВ	Приём и распределение электроэнергии напряжением 110 кВ
...
X.1.0.	Работники	Эксплуатация оборудования

Примечание. Последующая декомпозиция приводит к более полному раскрытию состава и функций компонентов.

Системно-логическое представление позволяет выявить разновидности вещества и энергии, определяющие содержание воздействий, для последующего выражения этих воздействий количественными показателями и вычисления их значений.

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

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО СПРАВОЧНИКА ПО ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЕ ТРУДА В ЭЛЕКТРОЦЕХЕ НВАЭС

Назначение электрического цеха (ЭЦ) Нововоронежской атомной электростанции (НВАЭС) состоит в обеспечении надёжной и эффективной работы электротехнического оборудования. В ЭЦ работают инженерно-технические работники и рабочие разных профессий, безопасность которых обеспечивается выполнением требований техногенной безопасности (ТБ), в том числе электробезопасности и промышленной безопасности, и охраны труда (ОТ).

Специалист по ОТ, компетенции которого обусловлены необходимостью сохранения жизни и работников ЭЦ, должен знать электротехнологии, оборудование и техногенные опасности, сопровождающие эксплуатацию. Знания в области ОТ, основывающиеся на знаниях ТБ, определяют структуру электронного справочника (рис.).

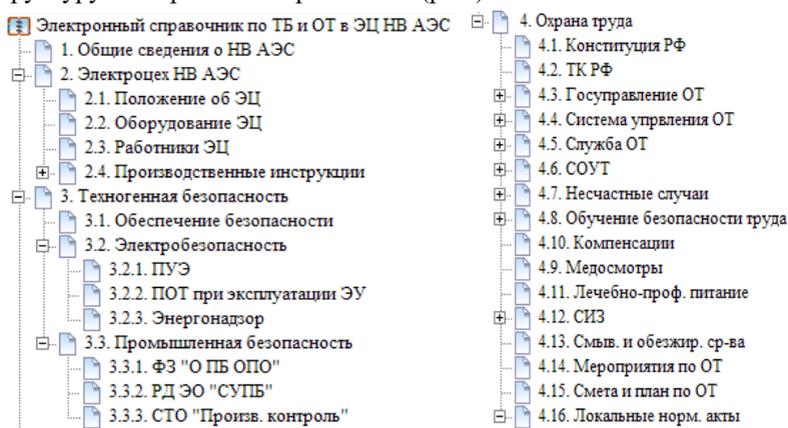


Рис. Структура электронного справочника по ТБ и ОТ

Создание и наполнение электронного справочника сопровождается решением научно-учебных задач, в числе которых

- разработка оригинальной структуры, группирующей сведения в наиболее удобном для использования виде;
- преобразование данных с применением ИТ-технологий;
- подробное и обстоятельное изучение требований ТБ и ОТ.

Применение справочника облегчает доступ к нормативным документам и работу по созданию локальных нормативных актов.

*Ю.Н. Пухова, студ.; рук. К.В. Чернов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО СПРАВОЧНИКА ПО ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЕ ТРУДА В ФИЛИАЛЕ ПАО «ЛЕНЭНЕРГО» «КНЭС»

Основная функция филиала ПАО «Ленэнерго» «Кингисеппские электрические сети (КнЭС)» состоит в передаче электрической энергии потребителям по сетям 110 – 0,4 кВ. В состав службы производственной безопасности и производственного контроля (СПБиПК) «КнЭС», назначение которой состоит в выполнении работниками требований техногенной безопасности (ТБ) и охраны труда (ОТ), входят специалисты по ОТ.

Компетенции специалиста по ОТ обусловлены необходимостью сохранения жизни и работников «КнЭС», поэтому он должен знать технологии трансформации и транспорта электрической энергии, оборудование и техногенные опасности, сопровождающие эксплуатацию. Знания в области ОТ, основывающиеся на знаниях ТБ, определяют структуру электронного справочника (рис.).

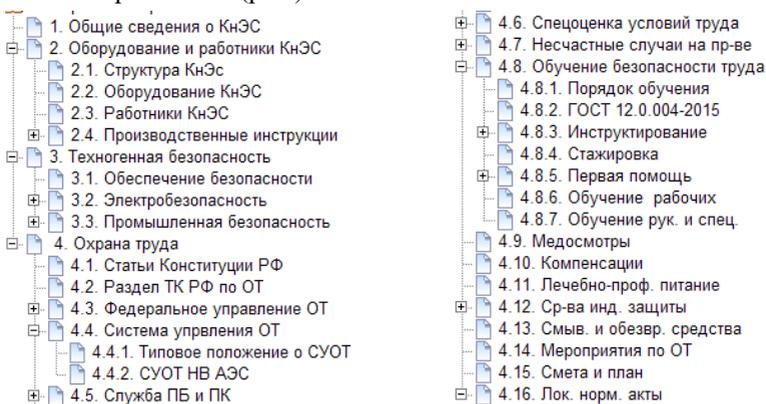


Рис. Структура электронного справочника

Создание электронного справочника сопровождается решением следующих основных научно-учебных задач:

- объединение сведений в группы для создания структуры, наиболее удобной при их использовании;
- перевод данных в компьютерную форму;
- подробное и обстоятельное изучение требований ТБ и ОТ.

Использование справочника облегчает доступ к нормативным документам и работу по созданию локальных актов.

СЕКЦИЯ 12
МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ

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

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

*Д.С. Ломаев: студент; рук. И.В. Неверов, доц. (ИГЭУ),
Е.А. Крестниковская, преп. (ИвПЭК), г. Иваново*

**ЛЕКЦИОННЫЕ ДЕМОНСТРАЦИИ ФИЗИЧЕСКИХ
ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ТЕМЕ
«КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ»**

Периодичность — это повторяемость явления через определенные промежутки времени. Смену дня и ночи, времён года, фаз Луны мы видим в повседневной жизни. Свет, звук, тепло, радиоволны, переменный электрический ток представляют собой колебательные, периодические процессы. Основой химии является Периодическая система элементов Д. И. Менделеева. Обнаружены 3 – 4, 7 – 11, 20 – 25, 47 – 60, 150 – 300 и 1000-летние периодичности в экономическом развитии общества. Известны природные и экологические, демографические, технологические, экономические и социально-политические циклы, периодичности в науке, культуре и образовании.

Изучение колебаний и волн позволяет увидеть, что все периодические процессы, независимо от их природы, описываются с помощью одних и тех же понятий и подчиняются одним законам.

Физика наука экспериментальная. Для выполнения принципа научности и наглядности при чтении лекций проведение физического эксперимента необходимо и обязательно. Но многие кабинеты физики средних и высших учебных организаций не имеют достаточной базы демонстрационного оборудования. Кроме того подготовка физического эксперимента требует много времени. Учебные ролики в сети Интернет не всегда удовлетворяют по качеству и содержанию материала.

Новизна проекта: фильм «Лекционные демонстрации физических экспериментов по теме «Колебания и волны» соответствует программе по физике для профессиональных образовательных организаций [4].

Цель проекта: создание видеофильма «Лекционные демонстрации физических экспериментов по теме «Колебания и волны».

Задачи проекта:

1. Изучить теорию колебаний. Определить перечень лекционных демонстраций в соответствии с программой.
2. Подобрать необходимое оборудование.
3. Подготовить сценарий комментариев к видеоряду.
4. Снять демонстрации экспериментов на видеокамеру.
5. Смонтировать фильм и выложить готовый продукт на You Tube.

Результаты: видеофильм «Лекционные демонстрации физических экспериментов по теме «Колебания и волны» состоит из трех частей:

1. Механические колебания и волны.

2. Акустические волны.
3. Электромагнитные колебания и волны.

Библиографический список

1. **Демонстрационный** эксперимент по физике в старших классах средней школы. / Под ред. А.А. Покровского. Пособ. для учителей. Изд. 2, испр. М., «Просвещение», 1971.
2. **Доброправов В. Е.** Методические рекомендации по организации лаборатории физики с типовым перечнем оборудования в средних специальных учебных заведениях. – 4-е изд. – М.: Высш. Школа, 1980. – 64 с.
3. **Планирование** учебного процесса по физике: Учеб.-метод. пособие для преподавателей сред. спец. учебн. Заведений / Г.И. Рябовалов, П. И. Самойленко, Е. И. Огородникова. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1991. – 430 с.
4. **Примерная** программа общеобразовательной учебной дисциплины «физика» для профессиональных образовательных организаций / В.Ф. Дмитриева. – М.: Издательский центр «Академия», 2015.

Е.Д. Тихонова, Д.Ю. Володин, студ.;

рук. И.П. Игошин, к.ф.-м.н., доц. (ИГЭУ, г.Иваново)

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА
ДЛЯ ИСЛЕДОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ**

Предлагаемая экспериментальная установка позволяет исследовать течение жидкости в прямолинейной цилиндрической трубке – измерительном капилляре. Основные элементы и их коммутация изображены на рис.1. Исследуемая жидкость заливается в резервуар 1 из которого она вытекает через капельницу 2 при освобожденном зажиме 3. Капельница необходима для того, чтобы высота уровня жидкости с одной стороны измерительного капилляра 4 оставалась постоянной. Высота уровня жидкости в капельнице измеряется линейкой 6. После протекания через капилляр, жидкость собирается в мерный цилиндр 5 для измерения ее объема за определенное время. Высота уровня жидкости в мерном цилиндре определяется с помощью линейки 7.

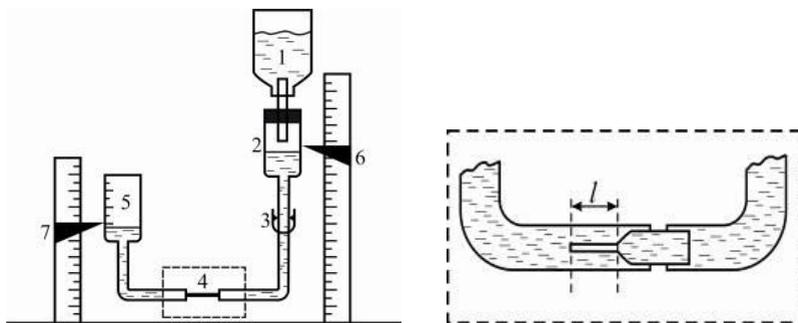


Рис.1. Структурная схема экспериментальной установки

Регулируемая разность высоты уровня жидкости в капельнице и мерном цилиндре обеспечивает необходимую для течения жидкости разность давлений на концах измерительного капилляра. Средняя скорость течения жидкости v и внутренний диаметр капилляра d выбираются так, чтобы при предполагаемой плотности ρ и вязкости жидкости μ можно было реализовать как ламинарное (число Рейнольдса $Re < 2300$), так и турбулентное ($Re > 2300$) течение этой жидкости.

На данном этапе исследований была поставлена задача экспериментального определения вязкости водных растворов известной концентрации. Вязкость растворов вычислялась по закону Пуазейля для ламинарного течения жидкости. По экспериментальным данным построена градуировочная кривая зависимости вязкости раствора от концентрации $NaCl$.

*П.А. Егоров, С.А. Чернов, Д.Д. Кроль студ;
рук. Н.Г. Демьянцева, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПУЛИ МЕТОДОМ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА»

При изучении физики большая роль отводится физическому эксперименту. Выполнение лабораторных работ по физике обязательно входит в учебный план дисциплины. К некоторым из них предъявляются более высокие требования по технике безопасности. Так при изучении законов сохранения импульса и механической энергии в физическом практикуме

часто проводят эксперимент по определению скорости пули методом баллистического маятника [1]. В процессе данной работы осуществляется выстрел из пневматического ружья, следовательно, она относится к разряду травмоопасных. Поэтому создание аналогичной виртуальной лабораторной работы – актуальная задача.

Для создания данной лабораторной работы была использована среда моделирования Unreal engine 4. Для разработки и редактирования моделей было использовано следующее программное обеспечение: Visual Studio 2015 (C++) [2], Adobe Photoshop, Autodesk 3ds Max [3].

Работа представляет 3D модель реальной лабораторной установки. В интерактивном режиме студент может производить выбор пули, выстрел из пневматического ружья и зафиксировать отклонение баллистического маятника, а затем и провести вычисление скорости пули.

Работу можно использовать не только на занятиях по выполнению лабораторных работ, но и качестве демонстрации при изучении законов сохранения импульса и механической энергии.

Библиографический список

1. **Костюк В.Х., Шмелева Г.А.** Механика: лабораторный практикум по физике. / ГОУВПО «Иван. гос. энерг. ун-т им В.И. Ленина». – Иваново, 2015 – 80 с.
2. **Алыкова А.Л.** Алгоритмы решения типовых задач. / ГОУВПО «Иван. гос. энерг. ун-т им В.И. Ленина». – Иваново, 2005 – 92 с.
3. **Тимофеев С.М.** 3ds Max 2014 в подлиннике. / «БХВ-Петербург». – Санкт-Петербург, 2014 – 512 с.

*А.С. Каменников, студент 2-го курса;
рук. Г.А. Шмелёва, к.п.н., доцент.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ СИСТЕМ ТОЧЕЧНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ В СИСТЕМЕ MATLAB

Моделирование электростатических полей систем точечных электрических зарядов помогает объяснить механизм поведения диэлектриков в электрическом поле на микроуровне. Простейшая электронейтральная система (электрический диполь) состоит из двух равных по величине и противоположных по знаку точечных электрических заряда $+q$ и $-q$, находящихся на расстоянии l друг от друга. Основываясь на знаниях о

диполе, можно перейти к рассмотрению квадруполей и мультиполей юлеее высокого порядка.

Моделирование электростатических полей в работе проводится в системе MATLAB. Одной из важных особенностей системы MATLAB [1, 2] является моделирование, необходимое для понимания и предсказания поведения сложных систем. К достоинствам реализации моделирования при помощи MATLAB могут быть отнесены простота создания моделей и высокая скорость вычислений. Например, картина линий напряжённости электрического поля электрического диполя может быть построена с использованием пакета прикладных программ MATLAB (рис.1). Основная часть кода, которая позволила создать изображение, имеет вид:

```
figure(1)
contour(x,y,fi,19)
grid on
figure(2)
contour(x,y,Ex,29)
grid on
```

Таким образом, в ходе работы путем рассмотрения диполей и квадруполей и моделирования с помощью MATLAB их полей, мы можем наглядно представить картину электрического поля внутри вещества, а значит, и более подробно изучить поведение этих веществ на микроуровне.

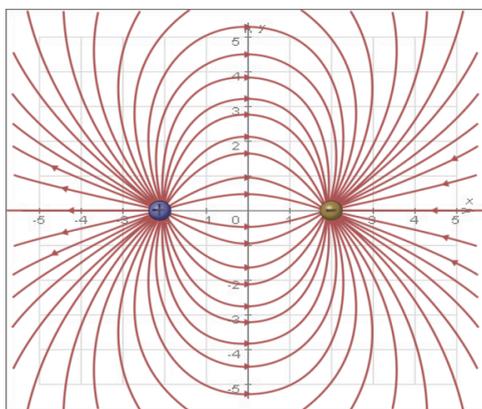


Рис. 1. Линии напряжённости электрического поля электрического диполя

Библиографический список

1. **Кондрашов В., Королев С.** MATLAB как система программирования научно-технических расчетов. Мир, 2002.
2. **Коткин Г.Л., Черкасский В.С.** Компьютерное моделирование физических процессов с использованием MATLAB: Учеб. пособ. Новокузнецк: Кузбассвуиздат, 2004.

*Костин А.А. студ, Куликова Л.Д. студ, Сомка А.А. студ;
рук. Корнев И.А., ассистент (ИГЭУ, г. Иваново)*

ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД С УДАЛЁННЫМ ДОСТУПОМ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ФИЗИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА И МАГНЕТИЗМА

Виртуальные лабораторные стенды являются удобным инструментом в современной инженерной и научной практике. Они представляют собой САЕ системы (моделирования и проектирования, решающие сложные инженерные и физические задачи).

Другой сферой применения виртуальных лабораторных стендов является их использование в процессе обучения. Такие стенды не заточены на сложные математические модели, более важным критерием является интерактивность, понятность, графический дизайн. Если в процессе обучения студенты используют реальные установки и приборы, то к критериям добавляется узнаваемость, т.е. имитация реальной установки не только по функциям, но и по внешнему виду и поведению.

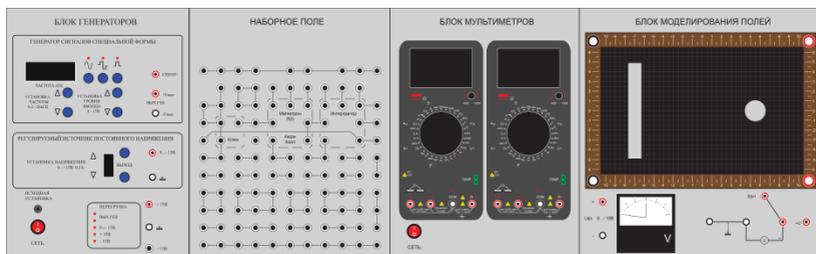


Рис.1. Виртуальный лабораторный стенд по физике электричества и магнетизма

Зачастую у педагога нет других возможностей дать подготовиться студенту к выполнению лабораторной работы, кроме теоретической подготовки. Для повышения качества обучения важным является визуальная имитация эксперимента с возможностью совершать необходимые действия в необходимом порядке, как и при выполнении реальной лабораторной работы.

Виртуальный лабораторный стенд использует современные технологии и удалённо доступен через браузер с любого устройства. Это позволяет повысить качество домашней подготовки студента к выполнению лабораторной работы на реальной установке.

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ХОЛОСТОМ ХОДЕ НЕЛИНЕЙНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

В системе Simulink с использованием пакета расширения SimPowerSystem разработана модель нелинейного трансформатора в однофазной цепи, содержащей дополнительные активные и реактивные сопротивления. Получены зависимости от времени силы тока в цепи. Рассмотрен полный переходный процесс с выходом на установившийся режим (рис. 2,а) и режим холостого хода (рис. 2,б). Ведется разработка более точной модели на основе серии полевых расчетов.

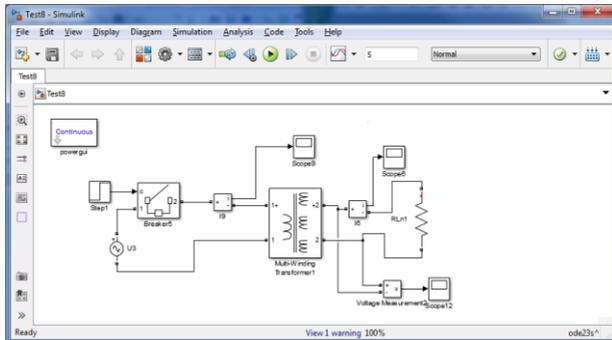


Рис. 1. Модель трансформатора с нагрузкой

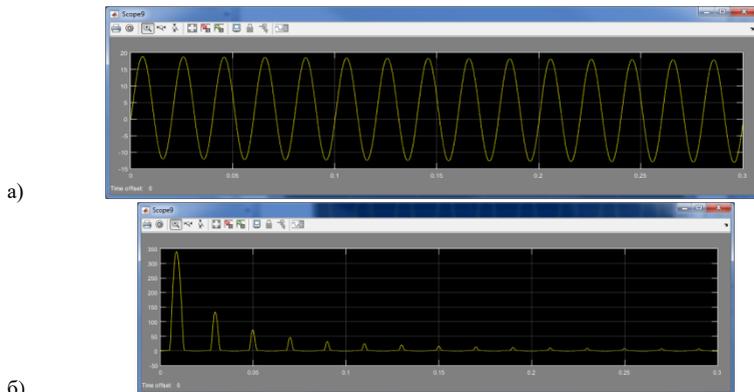


Рис. 2. Результаты расчета трансформатора под нагрузкой (а) и на холостом ходу (б)

*П.А. Кабаков, студ.; рук. М.В. Дмитриев к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАКЕТНОЕ МЕТАНИЕ УДАРНИКОВ

Высокие динамические давления являются основным инструментом при исследовании свойств вещества и неравновесных процессов в экстремальных условиях. Они создаются ударными волнами, возникающими при ударе по мишени ударников, метаемых с помощью пневматических или пороховых пушек [1].

Ударник можно разгонять как ракету, закрепив на его тыльной стороне аблятор, нагреваемый внешними источниками энергии до десятков тысяч градусов. Энергия подводится лазерным излучением и электронными или (и) ионными пучками. В такой схеме метания вместо прочного пушечного ствола используются направляющие, вдоль которых свободно может скользить ударник и которые не препятствуют свободному разлету плазмы с тыльной стороны ударника; высокое реактивное давление поддерживается только на "корме" ударника. Плазма, достигнув металлического корпуса ускорительной установки, охлаждается, и давление внутри уменьшается до заданного технологического уровня. Особенность такой схемы состоит в том, что ударнику может сообщаться скорость большая, чем скорость разлета плазмы, в соответствии с формулой Циолковского.

Линейный размер ускорительной установки определяется задачами экспериментов, поперечный размер корпуса зависит от массы ударников и массы испаряемого аблятора. Массы ударников обычно малы и измеряются в миллиграммах, масса аблятора может быть больше в десятки раз и измеряться граммами. Численный пример может дать представление, хотя и приближенное, о размере корпуса. Десять граммов углерода при десяти тысяч градусов создают давление 10^5 Па в объеме $0,7 \text{ м}^3$. Внутренний диаметр стометровой металлической трубы такого объема составит десять сантиметров. Газ, оседая на поверхности корпуса, остывает до комнатной температуры, и давление становится ниже атмосферного.

Ракетное метание ударников перспективно и может производиться на практически безопасной сравнительно с пушками экспериментальной установке.

Библиографический список

1. **Г.И. Каннель, С.В. Разоренов, А.В. Уткин, В.Е. Фортов.** Ударно-волновые явления в конденсированных средах. – М.: «Янус-К», 1996. – 408 с.

Крестьянинова О.В. студ;

рук. Шипко М.Н., д.т.н., проф. (ИГЭУ, г. Иваново)

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ПОЗИЦИОННЫЙ И ОРИЕНТАЦИОННЫЙ ПОРЯДОК В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ЦЕТИЛТРИМЕТИЛАММОНΙΑ БРОМИСТОГО

Изучению процессов формирования мицелл в водных растворах поверхностно активных веществ (ПАВ) под действием слабых магнитных и электрических полей в последнее время уделяется пристальное внимание. Слабое магнитное поле снимает спиновые запреты, вследствие чего эффективно воздействует на неравновесные системы.

Достаточно новым и перспективным методом для изучения ассоциативных процессов, а так же ориентационного и позиционного порядков в структурированных водных растворах является метод газоразрядной визуализации (ГРВ) объекта. Метод основан на иницировании и изучении процессов оптоэлектронной эмиссии в водных растворах. Электронная эмиссия капли раствора способствует ионизации молекул окружающего воздуха и в результате возбуждает газовый разряд. Картина свечения такого разряда показывает пространственное распределение каналов облегченного движения электронов в растворе. Так же по этой картинке можно определить тип надмолекулярной организации раствора и характер динамики процессов протекающих в растворе.

Объектом исследования выступали водные растворы поверхностно-активного вещества - цетилтриметиламмония бромистого. Исследования выполнены в импульсном электрическом поле камеры прибора ГРВ. Для исследования были взяты взвешенные капли водных растворов СТАВ. Импульсное электрическое поле камеры ГРВ стимулировало эмиссию электронов, что приводило к формированию изображения картины светящегося воздуха, которые воспроизводили стереографические проекции следов движения электронов с поверхности капли и ее объемной части. Параметры свечения, полученные в результате компьютерного анализа фотографий, были использованы для интерпретации процессов реорганизации состояния молекулярных ассоциатов, а так же изменения их ориентационного порядка в структурированных растворах СТАВ.

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

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЯВЛЕНИЯ ДИФРАКЦИИ ФРАУНГОФЕРА НА БАЗЕ ПАКЕТА MSOFFICE

Разработаны активные методические указания в виде файла MSWord, совмещающего в себе как функции собственно методических указаний к лабораторным работам по оптике, так и функции виртуального тренажера для выполнения исследований дифракции Фраунгофера на одной или нескольких щелях. Для этого в файл документа MSWord внедрен компонент MExcel, активация которого переводит систему в режим активного эксперимента.

Для расчета интенсивности света на экране используется формула

$$I(x) = I_0 \cdot \left(\frac{\sin\left(\frac{\pi a}{\lambda} \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right)}{\frac{\pi a}{\lambda} \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}} \right)^2 \cdot \left(\frac{\sin\left(\frac{N\pi(a+b)}{\lambda} \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right)}{\sin\left(\frac{\pi(a+b)}{\lambda} \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right)} \right)^2, \quad (1)$$

где I_0 – интенсивность света в середине дифракционной картины; λ – длина волны света; a – ширина щели; y – расстояние от щели до экрана; x – координата точки на экране.

Исходные данные заносятся в ячейки рабочего листа MExcel с помощью полос прокрутки, позволяющих варьировать данные с заданным шагом в заданных пределах. При этом автоматически перестраивается кривая интенсивности света на экране. С помощью кнопок управления можно фиксировать произвольный набор кривых (рис. 1)

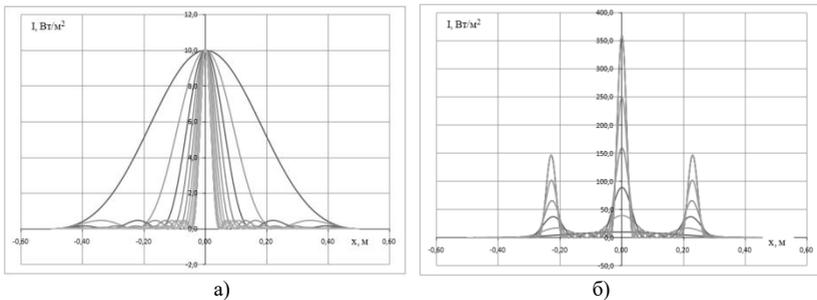


Рис. 1. Результат сохранения нескольких вариантов при дифракции на одной (а) или нескольких (б) щелях

*Р. Ступенков, студ.; А. Оладов, студ.;
рук. А.И. Тихонов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО СТЕНДА ИМИТАЦИИ ПРОЦЕССОВ ДИФФУЗИИ

Для исследования процессов диффузии в термодинамической системе (ТДС) разработан виртуальный тренажер [1] (рис. 1), позволяющий имитировать рассеяние частиц, в роли которых выступают условные кванты энергии, дрейфующие по «узлам кристаллической решетки». Система позволяет проиллюстрировать статистические процессы, происходящие в ТДС, а также установить особенности изменения энтропии при различных сочетаниях исходных данных.

Для расчета энтропии системы используется формуле Больцмана, которая с учетом преобразования Стирлинга имеет вид:

$$S = k \cdot \ln W = k \cdot \ln \frac{N!}{\prod_{i=1}^m N_i!} = N \cdot \ln N - \sum_{i=1}^m N_i \cdot \ln N, \quad (1)$$

где k - постоянной Больцмана; W - статистический вес состояния системы; N_i – количество частиц в i -й расчетной ячейке.

Система может быть использована как для лучшего понимания теории, связанной со вторым началом термодинамики, так и выйти на понимание некоторых проблем теории самоорганизации.

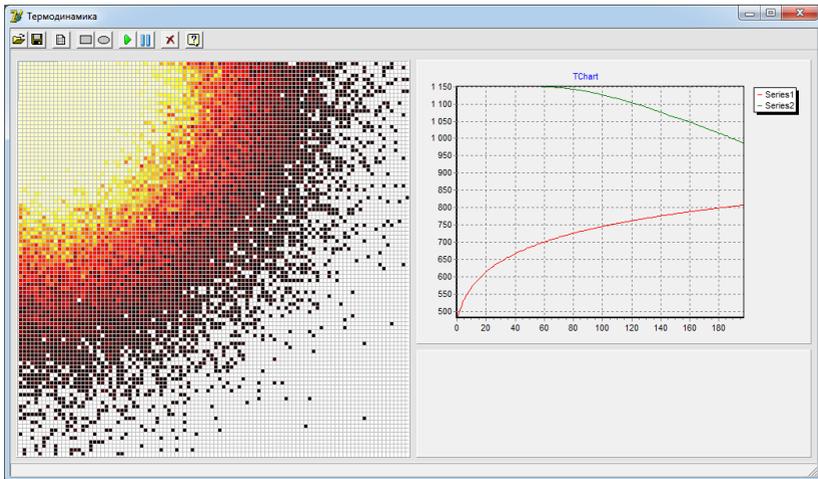


Рис. 1. Имитация процессов диффузии

*А. Алексеев, студ.; К. Ермаков, студ.;
рук. А.И. Тихонов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АДАПТАЦИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ПО ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМУ К РАБОТАМ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Главной отличительной особенностью виртуального лабораторного стенда (ВЛС), разработанного в ИГЭУ является наличие дружественного интерфейса, позволяющего за несколько минут адаптироваться к работе с данным компьютерным приложением. Возможности ВЛС позволяют имитировать работу не только простейших электрических схем, но и сложных электромеханических комплексов (рис. 1). В частности данный ВЛС был использован для выполнения работ в курсе «Электропривод» [1].

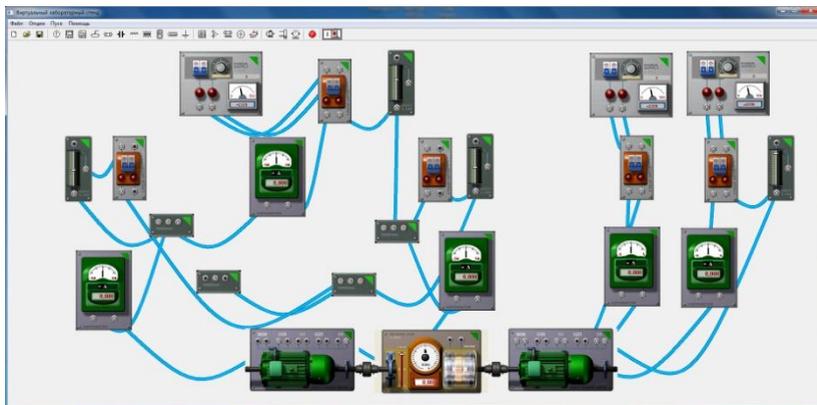


Рис. 1. Схема для исследования механических характеристик двигателя с последовательным возбуждением

Таким образом, разработанный ВЛС может быть использован в период выхода из строя реального оборудования для проведения лабораторных работ, не выполненных на реальном оборудовании, а также служить базой для выполнения студенческих исследовательских работ.

В настоящее время ведется разработка версии ВЛС, в которой будут учтены достижения современных компьютерных технологий.

Библиографический список

1. В.Т. Филичев, А.И. Тихонов, И.А. Корнев. Методические указания к лабораторным работам по курсу Электропривод. – Иваново, ИГЭУ, 2015. – 56 с.

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

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Разработана автоматизированная экспериментальная установка, позволяющая снять кривую намагничивания ферромагнитного образца, в качестве которого использовано ферритовое кольцо с обмоткой, с боку которого был сделан пропил, в который и установлен датчик Холла (рис. 1). Правление экспериментом осуществляется с помощью контроллера на базе платформы Arduino (рис. 2).

Эксперимент проводится при синусоидальном напряжении сети, пониженном до 12 В. Максимальный ток 1,5 А. Результаты измерений передаются на компьютер в среду Excel (рис. 3). Имеется возможность снятия петли как предельной, так и на частных кривых гистерезиса на разных частотах.

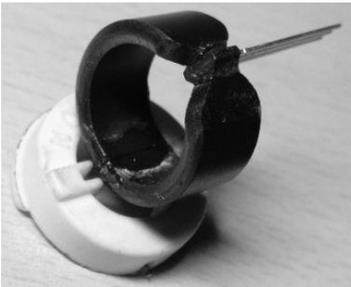


Рис. 1. Экспериментальный образец

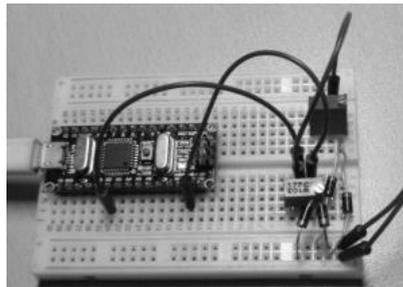


Рис. 2. Экспериментальная установка

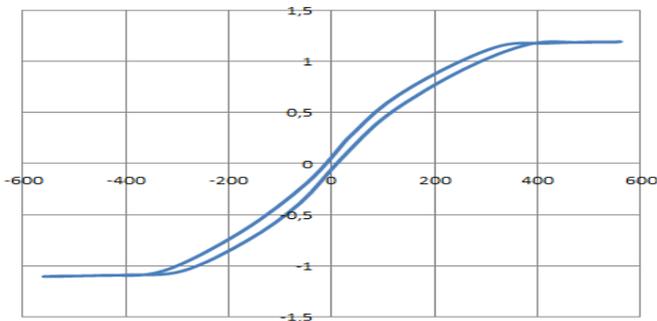


Рис. 3. Петля гистерезиса феррита

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

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРА ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЯ

Система «СИНАПС» представляет собой аппаратно-программный комплекс, выполняющий оперативное считывание информации в цифровом виде с микропроцессорных устройств и сбор телесигнализации с целью управления трансформаторной подстанцией. Данная система позволяет осуществлять сбор, хранение и обработку сигналов телеизмерений, информации с микропроцессорных устройств, сигналов с метеодатчиков, а также оперативное телеуправление аппаратурой. Помимо аппаратно-части (рис. 1), базирующейся на контроллере нового поколения для удаленного передачи информации в единую диспетчерскую службу по GSM/GPRS, комплекс включает в себя программное обеспечение, позволяющее организовать автоматизированное рабочее место (АРМ) оперативного персонала (рис. 2).

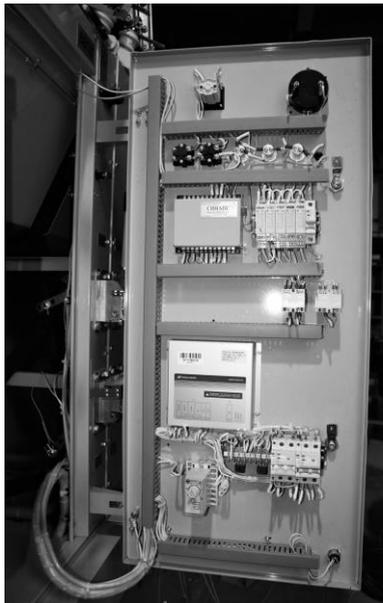


Рис. 1. Аппаратная часть комплекса



Рис. 2. Автоматизированное рабочее место оператора

Содержание

<i>Секция 9. Атомные электрические станции</i>	3
Вольский А.В.; рук. Ившин А.В. Система подогрева воды кольцевых баков энергоблоков ВВЭР-440 первого поколения	4
Конюшин М.В.; рук. Федорович Е.Д. Анализ технико-экономических показателей энергоблока АЭС «Бушер» с учетом возможности производства пресной воды	5
Николаенков Д.А., Конюшин М.В.; рук. Федорович Е.Д. Исследование возможности использования легкой воды в качестве замедлителя для канальных ядерных реакторов.....	6
Сатаев А.А.; рук. Дунцев А.В. Моделирование процессов смешения неизотермических потоков оборудования ядерных энергетических установок	7
Селезнев Н.А., Конюшин М.В.; рук. Федорович Е.Д. Интегральные ЯППУ средней мощности со специальным парогенерирующим элементом.....	8
Демьянов С.А., Кораблев С.А., Чижова Е.С.; рук. Семенов В.К. Математическое моделирование подавления ксеноновых колебаний.....	9
Галата Д.А.; рук. Горбунов В.А. Применение программного комплекса ANSYS-FLUENT для расчета задач стационарной теплопроводности ТВЭЛов.....	10
Ершова Э.С.; рук. Ильченко А.Г. Перспективы развития высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов	12
Коротков Е.А.; рук. Ильченко А.Г. Современные проекты реакторов канального типа.....	13
Галата Д.А., Петухова У.С.; рук. Ильченко А.Г. Бинарный цикл АЭС с применением низкикипящего рабочего тела	14
Аббас М.Ф., Белов В.В.; рук. Разоренов Г.В. Анализ конкурентноспособности российского проекта строительства АЭС в Египте.....	15
Игошина В.А.; рук. Ильченко А.Г. Основные направления обеспечения безопасности АЭС с реакторами нового поколения в России.....	16

Алексеев И.В., Токарев С.А.; рук. Лоншаков Н.А. Анализ и оптимизация регулирующего клапана турбопитательного насоса АЭС	17
Балалаев А.В.; рук. Горбунов В.А. Сравнение регрессионного анализа с нейросетевым моделированием конденсационной установки АЭС	18
Мелешкин С.В.; рук. Шошин В.Г. Виртуальная лабораторная работа "Центровка многоопорного ротора паровой турбины"	20
Балалаев А.В.; рук. Горбунов В.А. Исследование повышения эффективности работы конденсационной установки АЭС	21
Жуков Д.С.; рук. Ильченко А.Г. Анализ систем аварийного отвода тепла энергоблока №4 Белоярской АЭС.....	23
Коркодинов П.В.; рук. Лоншаков Н.А. Прогнозирование значения вакуума в конденсаторах паровых турбин АЭС	24
Лебедев В.А.; рук. Токов А.Ю. Исследование эффективности получения пиковой мощности на блоке ВВЭР-1000 путем отключения ПВД.....	25
Левцанова Н.В.; рук. Ильченко А.Г. Исследование схем дополнительного промперегрева пара турбины К-1000-60/1500-1 .	26
Левцанова Н.В.; рук. Ильченко А.Г. Исследование схем слива сепарата и конденсата СПП турбины К-1000-60/1500-1	27
Мильков А.А.; рук. Ильченко А.Г. Выбор оптимального режима расхолаживания реактора ИБР-2М.....	28
Несвежий Е.С., Гришин А.Л., Фомичев Д.О.; рук. Степанов В.Ф. Применение схемы двухступенчатого испарения в парогенераторной установке АЭС с ВВЭР-1200.....	30
Попов Н.М.; рук. Ильченко А.Г. Исследование возможности повышения тепловой мощности перспективного ядерного реактора для получения медицинских радиоизотопов	31
Соловьева П.Н.; рук. Андрианов С.Г. Применение турбопривода питательных насосов в тепловой схеме турбоустановки К-800-130/3000.....	32
Федосов Е.А.; рук. Токов А.Ю. Моделирование гидравлики пассивной части САОЗ 1-го блока Кольской АЭС	33

<i>Секция 10. Теплообмен в промышленных установках</i>	<i>35</i>
Онохин Д.А.; рук. Сабуров Э.Н. Конвективный теплообмен в циклонных камерах большой относительной длины.....	36
Онохин Д.А.; рук. Сабуров Э.Н. Сопротивление и теплообмен относительно длинных циклонных камер.....	37
Корогаева Н.М., Михайлов А.И.; рук. Колибаба О.Б. Экспериментальное исследование гидравлического сопротивления органического сырья в процессе сушки.....	38
Павлов А.А., Пашутин М.С.; рук. Нагорная О.Ю. Исследование возможности выработки дополнительной электроэнергии на ГУБТ-25	39
Грошева А.В., Габитов Р.Н.; рук. Колибаба О.Б. Методика определения эффективного коэффициента температуропроводности твердых коммунальных отходов.....	40
Архипов А.А., Селезнёва Е.А.; рук. Селезнёва Г.Ю. О применении керамического кирпича.....	41
Ставровская В.А., Галкина Н.С.; рук. Нагорная О.Ю. О проблеме газификации восточной части России.....	42
Шувье Е.С., Агабалова М.Р.; рук. Долинин Д.А. Особенности процессов тепло- и массообмена в полом форсуночном скруббере	43
Латыпова Ю.М. Рузанов И.А.; рук. Долинин Д.А., Самышина О.В. Особенности расчета пластинчатого теплообменника в программном комплексе ANSYS FLUENT.....	44
Родякаева Ю.А., Зернова В.Г.; рук. Сокольский А.И., Самышина О.В. Совершенствование технологии получения огнетушащих порошков....	45
Семенов А.С., Долинин Д.А.; рук. Колибаба О.Б. Определение гидравлического сопротивления слоя твердых коммунальных отходов	46
Шавитова М.О., Федоров Д.А.; рук. Колибаба О.Б. Исследование гидравлического сопротивления насыпных садов термических печей.....	47
Громова Е.А., Пелевина Р.А.; рук. Горинов О.И. Определение размера зоны пиролиза в термическом реакторе.....	48

Торопов П.А.; рук. Гусенкова Н.П. Моделирование тепловой работы системы ограждений нагревательных печей периодического действия	49
Калинина Е.С.; рук. Гусенкова Н.П. Применение инновационных технологий интенсификации процесса теплопередачи в теплообменных аппаратах	50
<i>Секция 11. Безопасность жизнедеятельности в техносфере ... 51</i>	
Орлова Н.М.; рук. Горбунов А.Г. Некоторые результаты статистического анализа производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в Российской Федерации.....	52
Борисова М.Н.; рук. Горбунов А.Г. Оценка условий труда работника столярной мастерской	53
Румянцева М.И., Уланова Н.В.; рук. Горбунов А.Г., Рогожников Ю.Ю. Создание Microsoft Access Базы данных о ступенчатом контроле состояния охраны труда в ИГЭУ.....	54
Марычева А.Д.; рук. Овсянников Ю.М. К оценке влияния систем кондиционирования объектов торговли на уровень звука в жилой зоне	55
Логачева А.Е.; рук. Овсянников Ю.М. Проверка адекватности компьютерной модели системы освещения учебной аудитории	56
Егорова В.Ю.; рук. Овсянников Ю.М. Включение элементов дистанционного образования в курс БЖД	57
Павлов М.А.; рук. Попов Г.В. Оптимизация уровня шума на рабочем месте	58
Рачкова К.А.; рук. Попов Г.В. Анализ демографической ситуации жизнедеятельности населения Ивановской области.....	59
Сенюшкина Н.С.; рук. Попов Г.В. Анализ состояния института семьи в Российской Федерации, как основы национальной безопасности.....	60
Тимофеева Л.А.; рук. Попов Г.В. К вопросу о терроризме	61
Банушкина А.В.; рук. Пышненко Е.А. Методы оценки экологической безопасности	62
Гагиева К.А.; рук. Пышненко Е.А. Расчет параметров сооружений для обработки осадков сточных вод	63

Звонарёва Т.А.; рук. Пышненко Е.А. Методы анализа данных контроля состояния природных и инженерных объектов	64
Леткова А.М.; рук. Пышненко Е.А. Техногенная безопасность производства электромонтажных работ в ООО «ЭнергоСистемы» 65	
Федина А.А.; рук. Пышненко Е.А. Выбор и расчет системы газоочистки для предприятия МУП ОКИТС.....	66
Ситникова А.С.; рук. Соколов А.К. Тестирование программы расчета процесса рассеивания выбросов «VibrosEER».....	67
Лёвкина Н.В., Горбунова К.В.; рук. Соколов А.К. Анализ результатов тестирования знаний по учебной дисциплине "экологическая экспертиза проектов"	68
Серёгина А.И.; рук. Соколов А.К. О требованиях, запрещающих сброс сточных вод в водоемы	69
Лёвкина Н.В.; рук. Соколов А.К. Разработка тестовых заданий по теме «Управление экосистемой «Озеро»»	70
Карпенко Е.Э.; рук. Чернов К.В. Системнологическое представление технологии газопотребления цеха в целях обнаружения техногенных опасностей	71
Синицына Л.С.; рук. Чернов К.В. Системнологическое представление технологии преобразования электрической энергии на подстанции в целях обнаружения техногенных опасностей.....	72
Лисина А.С.; рук. Чернов К.В. Разработка электронного справочника по техногенной безопасности и охране труда в электроцехе НВАЭС	73
Пухова Ю.Н.; рук. Чернов К.В. Разработка электронного справочника по техногенной безопасности и охране труда в филиале ПАО «ЛЕНЭНЕРГО» «КнЭС».....	74
<i>Секция 12. Моделирование физических процессов</i>	<i>75</i>
Ломаев Д.С.; рук. Неверов И.В., Крестниковская Е.А. Лекционные демонстрации физических экспериментов по теме «Колебания и волны».....	76
Тихонова Е.Д., Володин Д.Ю.; рук. Игошин И.П. Экспериментальная установка для исследования течения жидкости	77

Егоров П.А., Чернов С.А., Кроль Д.Д.; рук. Демьянцева Н.Г. Виртуальная лабораторная работа «Определение скорости пули методом баллистического маятника».....	78
Каменщиков А.С.; рук. Шмелёва Г.А. Моделирование электростатических полей систем точечных электрических зарядов в системе MATLAB.....	79
Костин А.А., Куликова Л.Д., Сомка А.А.; рук. Корнев И.А. Виртуальный лабораторный стенд с удалённым доступом для использования в учебном процессе физики электричества и магнетизма	81
Розин В.Г.; рук. Розин Е.Г. Моделирование переходных процессов при холостом ходе нелинейного трансформатора	82
Кабаков П.А.; рук. Дмитриев М.В. Ракетное метание ударников ..	83
Крестьянинова О.В.; рук. Шипко М.Н. Влияние импульсных электромагнитных полей на позиционный и ориентационный порядок в водных растворах цетилтриметиламмония бромистого .	84
Старостина В.М.; рук. Тихонов А.И. Разработка виртуального тренажера для исследования явления дифракции Фраунгофера на базе пакета MSOffice.....	85
Ступенков Р., Оладов А.; рук. Тихонов А.И. Разработка виртуального стенда имитации процессов диффузии	86
Алексеев А., Ермаков К.; рук. Тихонов А.И. Адаптация виртуального лабораторного стенда по электромагнетизму к работам по исследованию электроприводов.....	87
Плаксин А.В.; рук. Тихонов А.И. Разработка автоматизированного стенда для измерения магнитных характеристик ферромагнитных материалов.....	88
Подобный А.В.; рук. Тихонов А.И. Разработка системы автоматизации сбора данных и управления.....	89
Содержание	90

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ

Тринадцатая международная научно-техническая
конференция студентов, аспирантов и молодых учёных
«ЭНЕРГИЯ-2018»

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Печатается в авторской редакции

Составитель – ассистент Лоншаков Н.А.

Подписано в печать .03.2018. 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.