

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

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ

«ЭНЕРГИЯ-2019»

**ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ**

г. Иваново, 2-4 апреля 2019 года

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ТОМ 2

ИВАНОВО

ИГЭУ

2019

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

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ // Четырнадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2019»: Материалы конференции. В 6 т. Т. 2. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2019. – 96 с.

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

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

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

СЕКЦИЯ 9
АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

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

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

*А.В. Вольский, студ.; Селезнев Н.А, студ.; рук. М.В. Конюшин,
ассистент*

(СПбПУ Петра Великого, г. Санкт-Петербург)

ОБЩЕСТВЕННОЕ МНЕНИЕ КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА МАЛЫХ АТОМНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Использование атомной энергии для теплофикации является перспективной отраслью развития атомной энергетики особенно для регионов, куда представляется сложным организовать бесперебойную поставку органического топлива, например для отдаленных регионов за полярным кругом и в зонах вечной мерзлоты.

Однако в Российской Федерации атомные станции теплоснабжения (АСТ) не получили распространения. Единственная действующая атомная теплоэлектроцентраль расположена в городе Билибино Чукотского автономного округа [1]. Однако в СССР велись работы по постройке атомной станции теплоснабжения в Нижнем Новгороде. Проект не был реализован из-за общественных протестов после аварии на Чернобыльской АЭС.

В настоящее время малая и средняя энергетика (до 300 и от 300 до 600 МВт эл. соответственно) является перспективным направлением во всем мире. В связи с этим вопрос о постройке АСТ вновь открыт. Поскольку при реализации проектов использующих атомную энергию особенно важно учитывать общественное мнение, был проведен опрос среди различных групп населения Российской Федерации. Из результатов опроса можно сделать вывод, что проекты малых атомных котельных имеют положительный отклик у населения, а значит реализация данных проектов возможна. Так же, анализируя полученные в ходе опросе результаты, помимо всего можно наблюдать, что страх перед использованием атомной энергии для теплофикации вызван в основном отсутствием полных знаний у опрошенных граждан.

Библиографический список

1. Стерман Л. С. Тепловые и атомные электрические станции: Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1995. – 416 с.

*О.А. Высоченкова, студ.; рук. И.Л. Парамонова, к.т.н., доц.
(СПбПУ Петра Великого, г. Санкт-Петербург)*

РАСЧЕТ ИСТИННОГО ОБЪЕМНОГО ПАРСОДЕРЖАНИЯ В ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРКАХ ПРИ ПОВТОРНОМ ЗАЛИВЕ АКТИВНОЙ ЗОНЫ ВВЭР

Цель работы: верификация различных методик определения истинного объемного паросодержания φ (ИОП) на основе экспериментальных данных, полученных при моделировании повторного залива активной зоны ВВЭР.

Задача работы: на базе результатов экспериментов [1], выбрать расчетные зависимости для нахождения ИОП.

Результаты. Расчет проводился двумя способами: по методике ЦКТИ [2] и по формулам Бартоломея Г.Г. [3].

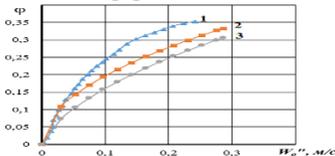


Рисунок 1. Зависимости истинного объемного паросодержания от приведенной скорости пара, 1 – результаты эксперимента, 2 – ф-ла ЦКТИ, 3 – ф-ла Бартоломея Г.Г.[1]

По результатам расчетов можно сделать выводы: 1) φ , рассчитанное по формулам, ниже экспериментальных значений, поэтому неверно определяется режим течения (по расчетам он снарядный, а по эксперименту – эмульсионный); 2) ошибка при определении φ ведет к некорректному определению физического уровня в сборке и высоты осушенной части твэлов, а, следовательно, к неточностям при определении температуры стенки твэлов; 3) необходимо продолжить изучение для корректировки расчетных формул для истинного объемного паросодержания и карт режимов течения.

Библиографический список

1. Shires G.L., Pearson K.G., Richards A.D. An experimental study of level swell in a partially water filled fuel cluster. NuclearEnergy. 1980. V.19. №5.P.381-388.
2. С.В. Светлов, Ю.Н. Илюхин, С.Б. Алексеев, В.Г. Сидоров, В.О. Кухтевич, И.Л. Парамонова, “Истинное объемное паросодержание в пучках стержней при низких скоростях циркуляции и барботаже”, *ТВТ*, 37:2 (1999), 326–332; *High Temperature*, 37:2 (1999), 302–308.
3. Борিশанский В.М., Заблоцкая Т.В., Магидей П.Л., Благовещенский А.Я. Теплогидродинамические процессы в реакторах и парогенераторах. Учебное пособие. – Ленинград, изд. ЛПИ, 1984. – 80 с.

А.К. Газенко, студ.; рук. А.В. Ларькин (БГУ, г. Минск)
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ И ТЕПЛОВЫЕ
СХЕМЫ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК
(ЦИКЛ МОДЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ)

Моделирование термодинамических циклов ядерных энергетических установок позволяет изучить процесс преобразования полученной от реактора теплоты в электроэнергию, а также наглядным образом показать влияние изменения параметров на эффективность тепловых процессов. Работа их базируется на осуществлении прямого термодинамического цикла преобразования теплоты полученной при сгорании топлива или в результате ядерной реакции, в работу турбины (а затем в электроэнергию) с использованием в качестве рабочего тела воды и ее пара.

Моделирование производилось в системе MATLAB. Цикл модельных лабораторных работ включает в себя: термодинамический анализ цикла Карно, сравнительный термодинамический анализ циклов Отто и Дизеля, анализ простой газотурбинной установки, анализ цикла газотурбинной установки с регенерацией, анализ цикла газотурбинной установки с многоступенчатым сжатием и расширением рабочего тела, эксергетический анализ цикла Ренкина с учетом потерь от необратимости.

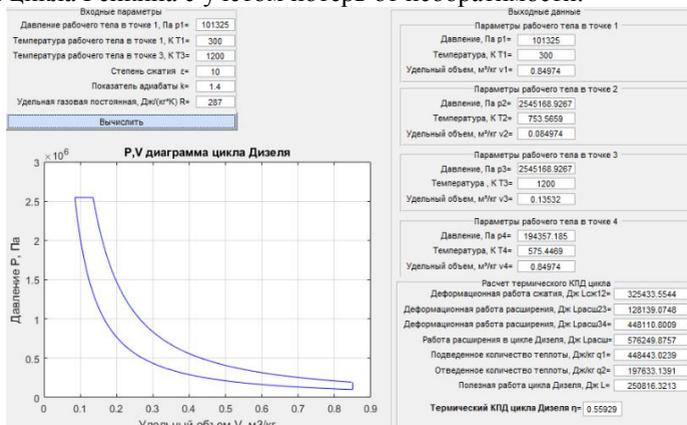


Рис. 1. Моделирование термодинамического цикла Дизеля.

Полученные результаты являются наглядным пособием для изучения свойств и характеристик термодинамических циклов и тепловых схем ядерных энергетических установок студентами.

*А.Е. Молоскин, студ.; рук. И.Л. Парамонова, к.т.н., доц.
(СПбПУ Петра Великого, г. Санкт-Петербург)*

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КАПЕЛЬ ПРИ ОТВОДЕ ТЕПЛА ОТ СТЕНКИ ТВЭЛА ПРИ ПОВТОРНОМ ЗАЛИВЕ АКТИВНОЙ ЗОНЫ ВВЭР

При анализе безопасности ЯЭУ требуется рассмотрение полного спектра возможных аварий. В число потенциально возможных входят аварии типа «малая течь», характеризующиеся низкими параметрами теплоносителя и возникновением свободного уровня в активной зоне. При данном режиме возможен перегрев стенок твэлов в области осушения, что может привести к их разрушению.

Для оценки возможной температуры стенок твэлов используются различные расчетные коды (РК), одним из которых является РК КОРСАР [1]. Для получения правильного результата необходим учет всех возможных особенностей потока. В частности, капли, являющиеся стоками тепла и находящиеся в паровом потоке, оказывают сильное влияние на режим теплосъема. В ходе расчета с помощью РК происходит завышение температуры стенки твэла, что приводит к переизбытку прочностных характеристик и более пессимистичным оценкам характера аварии, что удорожает проектирование.

В работе выполнена обработка результатов эксперимента ЦКТИ [2] для анализа воздействия капель на режим теплосъема и внесения предложений по улучшению замыкающих соотношений РК. В ходе работы предлагается к использованию функция распределения капель в потоке по диаметрам [3], определяется доля капель, уносимых паром, и производится оценка скорости их испарения [4].

Расчеты позволяют определить, что на капельный теплообмен приходится порядка 8% теплоты в паровой фазе, что дает хорошее приближение к результатам эксперимента. Продолжение работ позволит внести поправки в систему замыкающих соотношений РК.

Библиографический список

1. Мигров Ю.А. и др. РК КОРСАР. Руководство пользователя, Сосновый Бор. 2006.268 с.
2. Гурьянов С. В. Диссертация «Экспериментальные исследования и методика расчета тепловых потоков частичноосушенных тепловыделяющих сборок реакторов с водяным теплоносителем в условиях аварии типа “малая течь”». СПбГТУ, 1992 г. – 183 стр.
3. Агеев А.Г., Васильева Р.В., Белов В.И. Экспериментальное и аналитическое исследование предельных нагрузок при гравитационной сепарации. Теплогидродинамические процессы в элементах энергооборудования электростанций: Сб. науч. Тр. ЭНИН им. Г.М. Кржижановского. М. 1988. С. 41-51.
4. Kuo K.K. Principles of Combustion. 2nd ed. — John Wiley & Sons, Inc., 2005 – 732 p.

Д.А. Николаенков, студ.; М.В. Колюшин, асп.; рук. Е.Д. Федорович,
д.т.н., проф.

(СПбПУ Петра Великого, г. Санкт-Петербург)

КОНЦЕПТ-ПРОЕКТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ КАНАЛЬНОГО ТИПА НА СВЕРХКРИТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

В рамках концепции развития ядерных реакторов четвертого поколения (Gen IV) существуют реакторы типа СКД, отличающиеся высоким КПД (~45%), а также использование сверхкритического флюида, позволяющим достичь этого значения КПД. Различные конструкторские бюро, например, такие как ОКБ «ГИДРОПРЕСС» и АО «НИКИЭТ» в нашей стране, а также ряд других предприятий за рубежом уже предлагают свое видение внешнего облика данного типа ЯЭУ. Предлагается к рассмотрению конструкция канального исполнения реактора СКД параметров с замедлением на сверхкритическом флюиде.

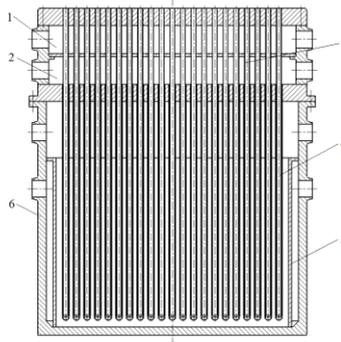


Рис. 1 Разрез канального реактора СКД: 1 – паровая камера; 2 – водяная камера; 3 – блоки труб; 4 – технологические каналы; 5 – бак-каландр; 6 – шахта

В ходе данной работы был выполнен нейтронно-физический и теплогидравлический расчеты установки, а также была проработана конструкция основных элементов данного реактора.

Библиографический список

1. Николаенков Д.А. Колюшин М.В. Федорович Е.Д. Исследование возможности использования легкой воды в качестве замедлителя для канальных ядерных реакторов // Тринадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых “Энергия 2018”: Материалы конференции, 2018.
2. Николаенков Д.А. Колюшин М.В. Концептуальные предложения по реактору типа СКД, создаваемому на основе канального реактора // Научная конференция с международным участием “Неделя науки СПбПУ”: Материалы конференции, 2018.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВНЕШНИХ СИЛ НА ПРОЦЕССЫ СМЕШЕНИЯ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ

При разработке технических заданий предусматривается требование безотказной работы ЯЭУ на всех режимах при кратковременных периодических колебаниях судна на угол до 45° и длительных наклонах до 15° на любой борт. Особенно сильное влияние внешние динамические силы (качка) оказывают на сосуды со свободным уровнем жидкости (реактор, парогенератор, компенсатор давления).

Качка с большой амплитудой ограничивает применимость ядерных реакторов с кипящим теплоносителем, а также с естественной циркуляцией, так как она способна вызывать колебания мощности реактора из-за возникновения изменений плотности в локальных областях АЗ. Так, например, в немецком атомном рудовозе «Отто Ган» при амплитуде качки всего лишь в 15° возникали периодические колебания мощности $\pm(3-5) \%$ [1].

Для моделирования воздействия внешних динамических сил на процессы смешения, применительно к нашей модели [2] был предложен модернизированный стенд смешения неизотермических потоков.

Качающаяся платформа имеет жесткое крепление с подвижной осью, которая закреплена на опорных подшипниках, крепящихся к раме. Сервопривод, через переходную муфту передает вращающее усилие на подвижную ось, которая в свою очередь приводит в движение исследуемую модель. С помощью задания определенного закона движения можно заставить модель совершать периодические колебания относительно вертикального положения. Преимуществом данной конструкции является возможность установки на качающуюся платформу любой другой исследуемой модели (ограничение лишь габаритные размеры). Модель может осуществлять колебания в одной плоскости подобно математического маятника.

В ходе получения первых экспериментальных данных и сравнения их с наработанной базой по стационарным условиям работы стенда можно заметить корреляцию между воздействием этих колебаний на процессы смешения.

Библиографический список

1. Хлопкин Н.С. Морская атомная энергетика: учебное пособие. – М.: МИФИ, 2007.
2. Сатаев А.А., Дунцев А.В., Воробьев Д.А., Красавин Н.А. Исследование процессов смешения неизотермических потоков на однопетлевой модели реакторной установки // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 3. – С. 96-101.

К.И. Ушева, асп.; рук. С.А. Кутень, к.ф.-м.н.
(БГУ, г. Минск)

АНАЛИЗ АВАРИИ, СВЯЗАННОЙ С НЕУПРАВЛЯЕМЫМ ИЗВЛЕЧЕНИЕМ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ ОР СУЗ НА МКУ МОЩНОСТИ

Программное средство DYN3D [1] используется для детерминистического анализа безопасности реакторов типа PWR, BWR, ВВЭР и др. Авария, связанная с неуправляемым извлечением рабочей группы ОР СУЗ из активной зоны реактора, относится к классу реактивных аварий. Для моделирования данного аварийного сценария была создана модель полной активной зоны реактора проекта АЭС-2006 с отражателем.

Для анализа аварии были выбраны начальные и граничные условия, используя консервативный подход. Определены приемочные критерии. С учетом единичного отказа, рассматривается застревание одного наиболее эффективного ОР СУЗ в крайнем верхнем положении.

Результаты расчетов аварии, связанной с неуправляемым извлечением рабочей группы ОР СУЗ для конца топливной компании приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Значения параметров до и после извлечения рабочей группы ОР СУЗ.

Параметр	Начало	Конец
Положение рабочей группы ОР СУЗ, см	17,0	375,0
Мощность, МВт	32,0	2 650,0
Максимальная температура топлива, d_{\max} , °C	296,1	615,7
Максимальная температура оболочки твэла, d_{\max} , °C	284,8	308,6
Максимальная энтальпия, d_{\max} , кДж/кг	78,13	151,93

Из значений в таблице 1 можно сделать вывод, что все критерии приемлемости выполняются для данной аварии на МКУ для конца стационарной топливной компании. Результаты работы могут быть использованы при проведении анализа безопасности реакторов типа ВВЭР.

Библиографический список

1. Rohde U., Kliem S., Grundmann U., Baier S., Bilodid Y., Duerigen S., Fridman E., Gommlich A., Grahn A., Holt L., Kozmenkov Y., Mittag S. The reactor dynamics code DYN3D – models, validation and applications / Progress in Nuclear Energy, 2016. №89. P. 170-190.

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В РЕГУЛИРУЮЩЕМ КЛАПАНЕ ТУРБОПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА АЭС

Для обеспечения циркуляции рабочего тела во втором контуре атомной станции используются питательные насосы. В настоящее время на всех 37 эксплуатируемых энергоблоках с реакторами ВВЭР-1000 для привода этих насосов используются маломощные конденсационные турбины. От бесперебойной и эффективной работы приводных турбин и питательных насосов в целом зависит надежность отвода тепла от теплоносителя первого контура, а значит и безопасность реакторной установки. Надежность и эффективность агрегата определяют его составные элементы. Одним из таких элементов, определяющих эффективность турбопитательного насоса, является регулирующий клапан, предназначенный для изменения расхода пара на приводную турбину в разных режимах эксплуатации энергоблока атомной станции.

Целью данной работы является моделирование течения пара в регулирующем клапане, расчет потерь, возникающих при обтекании проточной части клапана при различных режимах эксплуатации.

Моделирование проводилось с использованием современных систем автоматизированного проектирования, таких как Solid Edge FlowSimulation, Ansys CFX и Ansys Fluent.

Результаты для различных режимов эксплуатации, полученные в данных пакетах, совпадают с показаниями, определенными при измерении параметров на реальном оборудовании атомной станции и в дальнейшем могут быть использованы для модернизации проточной части регулирующего клапана с целью снижения потерь на дросселирования.

Библиографический список

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

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛУЧИСТОГО ТЕПЛООБМЕНА НА МАКСИМАЛЬНУЮ ТЕМПЕРАТУРУ ТОПЛИВА В ТВЭЛЕ, СОСТОЯЩЕГО ИЗ ТАБЛЕТОК С ОТВЕРСТИЕМ

В реакторе ВВЭР производится выделение энергии за счет цепной реакции деления ядерного топлива. При этом имеются ограничения по температуре топливного сердечника и оболочки. По этой причине важно использовать все механизмы снижения температуры топлива. Данный эффект можно получить если помимо кондуктивного теплообмена будет в полной мере задействован радиационный - от топлива к оболочке через разделяющую их прозрачную, не излучающую и не поглощающую среду, какой и является гелий в ТВЭЛе.

В работе решается задача стационарной теплопроводности с внутренним источником теплоты. Так как создание и дальнейшее использование полноразмерной модели ТВЭЛа в программном комплексе ANSYS Fluent затруднено, то рассматривается сегмент, расположенный в центре по высоте ТВЭЛа. В данной работе был получен ряд геометрических моделей:

- сегмент ТВЭЛа с центральным отверстием в топливном сердечнике;
- сегмент ТВЭЛа с разделенными между собой топливными таблетками и фиксирующими вставками между ними;
- сегмент ТВЭЛа без центрального отверстия и зазоров между топливными таблетками.

Расчеты показали, что применение центрального отверстия позволяет эффективней снизить максимальную температуру топлива, и данный метод можно использовать для большей надежности. При этом важно учитывать лучистую составляющую теплообмена внутри ТВЭЛа.

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

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПАРОГЕНЕРАТОРОВ 1 БЛОКА КАЛИНИНСКОЙ АЭС И РАЗРАБОТКА НОВОГО ПОДХОДА К ОБРАБОТКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Энергетическое оборудование многих стареющих электрических станций, работающее в тяжелых условиях, приближается к исчерпанию своего ресурса. В сложившейся ситуации для исключения катастрофических последствий, связанных с выходом из строя указанных аппаратов, требуется решить две взаимосвязанные задачи. С одной стороны, необходима организация постоянного многопараметрического контроля состояния оборудования. С другой стороны, на основе поступающей информации об оборудовании необходимо прогнозировать его состояние на будущее.

Целями данной работы являются: разработка стохастической математической модели индивидуального прогнозирования роста числа различных дефектов в элементах теплоэнергетического оборудования АЭС, на основе выявленных законов повреждаемости элементов оборудования и на основе статистических данных о росте числа дефектов проведение регрессионного анализа по определению параметров идентификации функций прогноза для каждого элемента оборудования, проведение верификации математической модели, проведение оптимизации методики обработки опытных данных.

В рамках математической модели непрерывного марковского процесса накопления числа дефектов оборудования АЭС решается задача прогнозирования остаточного ресурса энергетического оборудования АЭС, а также проводится верификация математической модели. В работе получена функция прогноза числа дефектов на основе решения уравнения Фоккера–Планка. Разработана новая методика обработки экспериментальных данных, основанная на вариационном исчислении.

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

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОГО ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ НАСОСОВ НА ОБЩУЮ СЕТЬ

Технологическая система энергетического блока атомной электрической станции состоит, как правило, из различного типа аппаратов, трубопроводов и нагнетательной установки, в которой может быть один или несколько соединенных параллельно или последовательно насосов. Способ соединения насосов в единую технологическую группу влияет на особенности их эксплуатации.

Работа насосов в значительной степени определяет надежность и экономичность энергоблока. Знание оперативным персоналом режимов работы насосных групп приобретает в этой связи большое значение.

Компьютерный лабораторный стенд (программа) позволяет студентам более глубоко разобраться в принципах совместной работы нескольких насосов на единую сеть.

Программа вычисляет характеристику насосной группы и технологической системы, на которую она работает.

Напорные характеристики насосов в математической модели стенда представляются многочленом второго порядка. Таким же образом моделируется и характеристика сети. В результате совместного решения уравнений характеристик сети и группы насосов вычисляются параметры системы.

С помощью программы можно создавать схемы соединения нескольких насосных агрегатов (до 18), что дает возможность моделировать большинство реальных технологических систем.

Предусмотрен конструктор схем, позволяющий создавать и корректировать способы соединения насосов.

Схему можно собирать из 15 различных насосов, напорные характеристики которых заложены в программу, и некоторого виртуального насоса.

В результате работы программы выводится напорная характеристика построенной схемы (группы насосов и сети). Имеется возможность отображения характеристики отдельного насоса, группы насосов и системы в целом.

Компьютерный лабораторный стенд предназначен для использования студентами при выполнении практических работ по курсу «Насосы АЭС».

*Д.В. Еленко, студ.; рук. Н.Б.Иванова, к.ф.-м.н., доц.
(ИГЭУ, г.Иваново)*

АППРОКСИМАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОФИЛЕЙ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ

Целью работы являлся поиск аналитических зависимостей угла установки профиля рабочей лопатки турбины β_y , от угла выхода потока β_2 , и относительного шага решетки \bar{t} , аппроксимирующие соответствующие графические зависимости. Результаты работы были использованы при построении 3D-модели лопатки турбины, которая позволила выполнить математические операции по выстраиванию всех профилей по высоте лопатки на одной оси центра тяжести и осуществить поворот профиля относительно этой оси согласно рассчитанному углу установки.

Для профилей с нелинейной зависимостью угла установки от шага решетки нами были подобраны простые функции, которые имеют в известных точках заданные значения. Точки (пары значений), через которые должна проходить искомая аналитическая функция, определяются по графику. Графические зависимости, представленные в [1], позволяют определить достаточное для достижения необходимой точности количество пар значений. При решении поставленной задачи использовался метод наименьших квадратов.

Для одного профиля нами была подобрана кубическая зависимость, а для четырех профилей, имеющих большую крутизну графика, нам удалось подобрать экспоненциальную зависимость угла установки от относительного шага решетки. В таблице 1 приведены результаты аппроксимации для трех профилей. Погрешность аппроксимации в среднем составила 0.146 градуса в квадрате, что намного меньше погрешности определения значений по графику.

Таблица 1. Углы установки рабочих профилей

№	Тип профиля	β_y
1	P16017A	$\beta_y = \beta_{23} - 13,16 \cdot \exp(0,435 \cdot \bar{t}) + 23$
2	P2729Б	$\beta_y = \beta_{23} - 22,81 \cdot \exp(0,588 \cdot \bar{t}) + 90$
3	P16017Б	$\beta_y = \beta_{23} \cdot (-0,012\beta_{23} + 1,35) - (20 - 13,67\bar{t} - 53,49(\bar{t})^2 + 49,14(\bar{t})^3) + 17$

Библиографический список

1. Дейч, М. Е. Атлас профилей решеток осевых турбин: [учебное пособие для вузов]/М.Е. Дейч, Г.А. Филиппов, Л.Я. Лазарев.-М.: Машиностроение, 1965.- 96с.

*Д.В. Еленко., С.А. Михайлов, студ.;
рук. В.Г. Шошин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТУРБИННЫХ СТУПЕНЕЙ БОЛЬШОЙ ВЕЕРНОСТИ

В работе модернизирован алгоритм [1] методов профилирования лопаточного аппарата ступеней большой веерности. Новый алгоритм предусматривает: вычисление аэродинамических характеристик профилей с учетом влажности пара; расширенный диапазон типовых профилей МЭИ [2]; закон изменения хорды сопловых и РЛ по высоте предварительно задается в виде квадратичной параболы:

$$b_j = b_0 \left[k + (4(1-k) + (k-p))x + (4(k-1) + 2(p-k))x^2 \right]$$

где: b_0 - хорда профиля в среднем сечении; $k = b_k / b_0$ - относительная хорда в корне; $p = b_p / b_0$ - относительная хорда на периферии.

Это позволяет в ходе проектирования изменить форму РЛ в широком диапазоне, обеспечить плавное распределение напряжений и выполнение условий прочности.

По данной методике разработана программа на языке С#. Программа позволяет: изменить метод профилирования при переходе к следующему расчетному сечению; сохранить результаты профилирования в виде таблиц и графиков; сформировать файл исходных данных для расчета РЛ на прочность и файл, передаваемый в AutoCad для построения 3D модели сопловых и РЛ.

Проведено исследование влияния формы РЛ и методов профилирования на КПД ступени и прочность РЛ. Показано, что форма РЛ практически не влияет на КПД ступени, однако в значительной мере определяет распределение напряжений по высоте РЛ. КПД ступени существенно зависит от методов профилирования. Наиболее предпочтительным по экономичности и надежности для исследованных типов ступеней является метод постоянства циркуляции скорости.

Библиографический список

1. **Рабенко В. С.** Профилирование ступеней паровых турбин с длинными лопатками: методические указания/ В. С. Рабенко, А. С. Смирнов, ФГБОУ ВПО ИГЭУ им. В. И. Ленина, Иваново, 1993. — 31с.
2. **Дейч, М. Е.** Атлас профилей решеток осевых турбин: [учебное пособие для вузов]/ М. Е. Дейч, Г. А. Филиппов, Л. Я. Лазарев.—М.: Машиностроение, 1965.—96 с: ил.

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

ТЕПЛОВАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ ГАЗОТУРБИННОГО ЦИКЛА НА БАЗЕ РЕАКТОРА МГР

Одним из направлений ядерных технологий на сегодняшний день является развитие АЭС с высокотемпературными газоохлаждаемыми реакторами (ВТГР) с гелиевым теплоносителем. В России разработан проект установки на базе модульного высокотемпературного гелиевого реактора с газовой турбиной МГР-100, имеющий высокий КПД (около 50 %) и повышенную безопасность.

В основе концепции МГР лежит использование активной зоны с графитовым замедлителем, топливом в виде микросфер с многослойными керамическими покрытиями и гелием в качестве теплоносителя. В активной зоне полностью отсутствуют металлоконструкции. Это позволяет иметь температуру гелия на выходе из реактора 850°C и более, что обеспечивает высокую эффективность производства электроэнергии в прямом газотурбинном цикле, а также возможность использовать МГР как источник промышленного высокотемпературного тепла [1].

Как показали проведенные расчеты тепловой экономичности, с ростом температуры от 850 до 1150 °C повышается от 44,5 до 51 %.

Оптимальное значение степени повышения давления для ГТУ зависит от начальной температуры цикла и находится в диапазоне 2,5÷3, увеличиваясь с ростом температуры (см. рис. 1). Окончательное решение этого вопроса требует проведения технико-экономических расчетов.

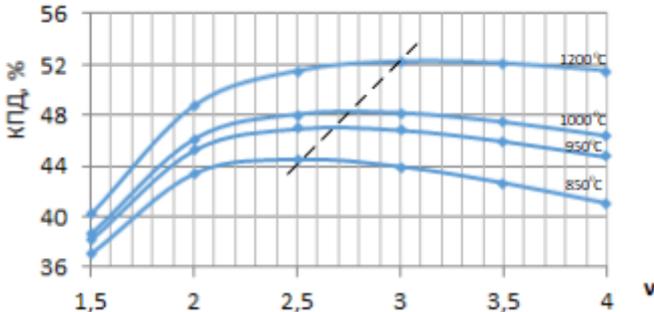


Рис. 1. Зависимость внутреннего КПД цикла от степени повышения давления

*Э.С. Еришова, Д.В. Чигирева, студенты;
рук. А.Г. Ильченко, к.т.н., доц.*

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ОТ АТОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ – ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ЭКОНОМИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Основой рационального пользования энергоресурсов при выработке тепла и электроэнергии является теплофикация, то есть комбинированное их производство.

Централизованное теплоснабжение от АЭС может быть реализовано различными путями:

- от нерегулируемых отборов пара турбин на конденсационных АЭС;
- от специализированных атомных ТЭЦ (АТЭЦ) с турбинами типа ТК-450-500/60 или однотипных с ними;
- от атомных станций небольшой мощности, располагаемых в непосредственной близости от промышленно-жилищных агломераций (преимущественно предназначенных для энерго-снабжения отдаленных районов).

Также для теплоснабжения могут использоваться и атомные станции теплоснабжения (АСТ).

Главная особенность атомных станций теплоснабжения (АСТ) – здесь не требуется такого высокого температурного потенциала теплоносителя первого контура, как на АЭС, потому что в АСТ не нужно получать электроэнергию, а только тепло. Это, естественно, упрощает реактор, удешевляет его эксплуатацию и повышает его безопасность. Если говорить о водоохлаждаемых реакторах, то в них снижается давление: нужно уже не 160 атмосфер, например, а 30, то есть значительно меньше. АСТ поэтому могут размещаться вблизи потребителей тепла.

Поскольку АЭС, согласно требованиям, должны размещаться на достаточно больших расстояниях для крупных городов (30-40 км и больше), то в этих случаях экономически оправданным является применение повышенных температурных графиков в транзитной теплосети, а также однетрубных транзитных магистралей.

Проведенные к настоящему времени исследования показали высокую экономическую эффективность атомного теплоснабжения, поскольку сокращаются не только затраты в органическое топливо, но и уменьшается загрязнение окружающей среды вредными выбросами от сжигания органического топлива в мелких котельных и ТЭС.

*В.А. Игошина, И.А. Скворцов, студенты;
В.А. Чукович, слушатель ФПК; рук Ильченко А.Г., к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПАССИВНЫХ СИСТЕМЫ ОТВОДА ТЕПЛА ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ПРОЕКТОВ АЭС-2006 И ВВЭР-ТОИ

Важным шагом в повышении безопасности современных АЭС с реакторами ВЭР-1200 проектов АЭС-2006 и ВВЭР-ТОИ является применение пассивных систем безопасности. Одними из таких систем являются система пассивного отвода тепла через парогенераторы (СПОТ ПГ), которая предназначена для длительного отвода остаточного тепла активной зоны конечному поглотителю через второй контур.

Она включается в работу при следующих запроектных авариях и обеспечивает:

- отвод остаточных тепловыделений и расхолаживание реакторной установки в режимах с отказом всех источников электроснабжения переменного тока;
- отвод остаточных тепловыделений и расхолаживание реакторной установки в режимах с полной потерей питательной воды;
- обеспечение резерва активным системам безопасности (БРУ-А) в случае их отказа при авариях с течью первого контура;
- уменьшение аварийного выброса при авариях с течами из первого контура во второй.

Конструкция четырехканальной СПОТ ПГ обеспечивает ее полностью автономную и без участия оператора работу в течение, как минимум, 24 часов, в авариях с полным обесточиванием и отказом подачи питательной воды в парогенераторы.

Каждый канал СПОТ ПГ включает в себя:

- один бак аварийного отвода тепла (БАОТ);
- шестнадцать секций теплообменников аварийного расхолаживания (ТОАР);
- «большой» и «малый» пусковые клапаны;
- трубопроводы пара и конденсата;
- арматура.

Как показывают расчеты, система позволяет осуществлять надежный отвод тепла от реакторной установки в течение длительного времени во всех рассмотренных ситуациях.

Система пассивного отвода тепла через парогенераторы играет важную роль в концепции глубокоэшелонированной защиты АЭС и отвечает современным требованиям обеспечения безопасности АЭС по ряду документов МАГАТЭ.

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

СРАВНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЖАЛЮЗИЙНОГО СЕПАРАТОРА С ОБЫЧНЫМИ ПРОФИЛЯМИ И С ПРОФИЛЯМИ POWERVANE В ПРОГРАММЕ ANSYS

В данной работе производится сравнение жалюзийного сепаратора с обычными профилями и с профилями Powervane в программе ANSYS Fluent. Цель: определить при каких условиях профили Powervane эффективнее обычных профилей. Постановка задачи: пароводяная смесь поступает на вход в канал образованный профилями (рис.1. а) или б)) со скоростью 1,12 м/с. Пар выходит с противоположной стороны, а вода стекает вниз под действием гравитационных сил. Давление на входе 1119630 Па, на выходе 1119590 Па. Высота жалюзийного сегмента 100 мм.

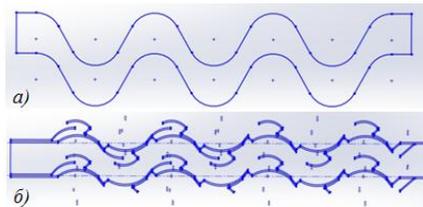


Рис. 1. Профили жалюзийного сепаратора: а) обычные профили; б) профили Powervane.

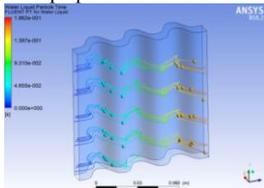


Рис.2. Результаты расчетов для обычных профилей с каплями воды диаметром 10^{-4} м

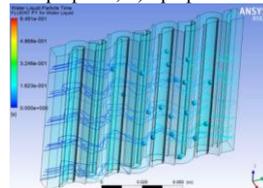


Рис.3. Результаты расчетов для профилей Powervane с каплями воды диаметром 10^{-4} м

При расчете были получены треки капель воды в канале, образованном обычными профилями (рис.2), и в канале, образованном профилями Powervane (рис.3). По результатам видно, что наиболее эффективными в данных условиях являются профили Powervane.

Библиографический список

1. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство/ А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева// – Москва: Едиториал УРСС, 2003. – 272 с.
2. KBOY, 1 ступень очистки, циклоны, граничные условия [Электронный ресурс]// ANSYS CLUB [сайт] URL: <https://cae-club.ru/forum/kvou-1-stupen-ochistki-ciklony-granichnyue-usloviya> (дата обращения 7.12.2018).

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

**ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАБОТЫ
ЭНЕРГОБЛОКА С ВВЭР-1000 И ТУРБИНОЙ
К-1000-60/1500-2 НА МОЩНОСТИ 110 %
ОТ НОМИНАЛЬНОЙ**

Атомная энергетика имеет сегодня прочные позиции в электроэнергетической отрасли России. АЭС с водо-водяными энергетическими реакторами (ВВЭР) занимают в ней ведущее место. В настоящий момент намечается программа строительства новых АЭС с ВВЭР мощностью 1000 МВт и более, что позволит поднять долю выработки на АЭС по стране с 13% (по данным на 2007 г.) до 20% к 2020 г. Наряду с наращиванием новых мощностей АЭС, в условиях инвестиционных трудностей в атомно-энергетической отрасли весьма важным становится более эффективное использование уже действующих энергоблоков. В частности, повышение их мощностей выше установленного номинального значения [1].

В данной работе рассматривается возможность повышения мощности 3-го блока Ростовской АЭС до 110% от номинальной.

В работе проводятся теплогидравлические и нейтронно-физические расчёты реактора, поверочный расчёт парогенератора и расчет тепловой схемы при режимах работы на 100 и 110% мощности.

При обосновании форсирования мощности энергоблока прежде всего необходимо проанализировать и доказать принципиальную возможность повышения мощности. В работе представлены основные ограничения, при несоблюдении которых нарушается надёжность и безопасность работы оборудования.

Результаты расчетов позволили сделать вывод о том, что при повышении мощности энергоблока ВВЭР-1000 В-320 до 110% от номинального значения основное оборудование первого контура не требует серьёзных реконструкционных работ. Однако необходима модернизация стопорно-регулирующего клапана турбины и проточной части ЦВД с целью повышения их пропускной способности. Также необходимо провести детальный расчёт проточной части турбины и анализ работы насосного оборудования системы основного конденсата, питательной воды и циркуляционного водоснабжения.

Библиографический список

1. **Шутиков А.В.** Эффективность повышения мощности энергоблоков АЭС с ВВЭР-1000: дис. ... канд. тех. наук. С., 2007. 215 с.

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

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНТЕГРАЦИИ ГТУ С КОТЛОМ- УТИЛИЗАТОРОМ В ТЕПЛОВУЮ СХЕМУ ЭНЕРГОБЛОКА АЭС С ВВЭР-1200

Одним из действенных способов повышения энергоэффективности АЭС является включение в тепловую схему энергоблока газотурбинной установки (ГТУ). В данной работе рассматривались варианты схем комбинирования блока АЭС с ВВЭР-1200 по проекту АЭС-2006 и ГТУ с котлами-утилизаторами (КУ) одного и двух давлений.

Схема с КУ двух давлений предполагает отключение отборов на СПП I и II ступени, греющий пар подается из контуров высокого и низкого давления КУ. Пар вытесненных отборов идет на выработку дополнительной мощности в турбине. Отбор конденсата для питания КУ выполнено из тракта после ПНД-1 по ходу движения основного конденсата. Аналогично работает и схема с КУ одного давления, но в данной схеме отключается только подвод свежего пара на II ступень СПП (замещается паром из КУ).

Результаты теплового расчета рассматриваемых схем позволили установить, что наибольшее приращение экономичности $\Delta\eta = 9,4\%$ по сравнению с номинальным режимом работы энергоблока достигается с применением схемы с КУ двух давлений для питания СПП. При этом параметры пара перед ЦНД соответствуют номинальным.

Применение котла-утилизатора двух давлений позволяет добиться максимального использования теплоты уходящих газов ГТУ и достичь максимальной глубины охлаждения газов (примерно до $194\text{ }^{\circ}\text{C}$). При использовании двух ГТУ фирмы Siemens типа SGT5-8000 их суммарная электрическая мощность составляет 800 МВт, а турбина К-1200-6,8/50 за счет отключения отборов на СПП увеличивает свою мощность на 139 МВт. Таким образом, общая мощность всей парогазовой установки достигает 2132 МВт. Несколько уступает этой схеме вариант с котлом-утилизатором одного давления и замещением свежего пара, питающего II ступень СПП.

При сопоставлении с замещаемыми пиковыми ГТУ данная схема имеет значительную экономическую выгоду по производству пиковой электроэнергии и соответственно, стоимость пиковой электроэнергии существенно ниже, чем у специализированных пиковых ГТУ.

Л.Р.Крылов, студ.;
рук. С.Г. Андрианов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ РАСХОЛАЖИВАНИЯ БАСЕЙНА ВЫДЕРЖКИ ТОПЛИВА БЛОКА С РЕАКТОРОМ ВВЭР – 1000

Одной из ключевых задач при эксплуатации ядерного блока является обеспечение безопасности в режимах нормальной эксплуатации, а так же при аварийных режимах работы.

В настоящее время в системе охлаждения бассейна выдержки блоков с реакторами типа ВВЭР – 1000 применяются кожухотрубные теплообменники. Всего в системе установлено два подобных аппарата, площадь поверхности теплообмена каждого составляет 1200 м². В проекте АЭС – 2006 данная система оснащается пластинчатыми теплообменниками, которые имеют ряд преимуществ перед кожухотрубными: меньшие габариты; высокая эффективность отвода тепла; простота в обслуживании.

С целью повышения эффективности работы системы отвода тепла от бассейна выдержки топлива и снижения затрат при замене теплообменника предлагается произвести модернизацию системы для блоков с реакторами ВВЭР - 1000 по окончанию срока службы кожухотрубных теплообменников. При выборе теплообменника основным требованием является обеспечение теплосъема при любом режиме работы, особенно - аварийном.

С этой целью был произведен расчет пластинчатых теплообменников отечественного производства нескольких типов. Кроме того, рассмотрен теплообменник фирмы “Alfa Laval”. По результатам расчета стоимости проектирования, производства, транспортировки и установки оборудования делаем вывод, что при модернизации системы выгоднее установить пластинчатый теплообменник. Стоимость отечественного теплообменника составляет – 2256904 рубля, шведского – 2275144 рубля и кожухотрубного - 16204238 рубля. Затраты различаются в несколько раз. Кроме того, кожухотрубные теплообменники морально устарели. С экономической точки зрения выгоднее установка теплообменника производства “Alfa Laval”. Шведские теплообменники являются более надежными. Это ведет к экономии средств и уменьшению затрат на ремонт при возможной поломке оборудования.

Библиографический список

1. АЭС – 2006. Ленинградская АЭС – 2. Блок 2. Предварительный отчет по обоснованию безопасности. / ОАО “СПбАЭП”, 2008.
2. **Инструкция по эксплуатации технологических систем бассейна выдержки энергоблока №1.** 01.TG.ПЭ.0009.41. /ОАО “Концерн Росэнергоатом” / Филиал АО “Концерн Росэнергоатом” “Калининская атомная станция”.
3. **Теплообменные** аппараты ТЭС: справочник в 2 кн. Кн 2 Т 343 /под общ. ред. чл. – корр. РАН Ю.Г. Назмеева и профессора В.Н.Шлянникова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 435 с.: ил.

*А.Д. Митин, студ.; Е.А. Сазанов, студ.;
рук. М.А. Вольман, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ЯЭУ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА RTRM

В целях обеспечения надежности работы ЯЭУ проводится большое количество расчетов, в число которых входит оценка погрешностей выходных параметров и анализ влияния их неопределенностей на надежность установки во время протекания аварийного процесса.

Сейчас задачи анализа надежности решаются методами Monte Carlo Sampling [1] и Generation Random Sampled [2], которые трудоемки и не дают адекватной оценки вероятностей, которые близки к нулю.

Этих недостатков лишен Ray Tracing Reliability Method (RTRM) – алгоритм, чья суть состоит в аппроксимации границы отказа в фазовом пространстве отклонений входных данных методом SORM [3] и вычислению вероятности отказа как интеграла совместной плотности распределения отклонений входных параметров по области за этой границей.

Использование этого алгоритма дает возможность исключить оценку параметров распределения критериев надежности, которыми являются выходные данные математической модели, что очень упрощает оценку надежности установки. Также можно рассчитать близкие к нулю вероятности отказа, а также оценить влияние разных причин на вероятность отказа.

Нами была апробирована работа данного алгоритма для двумерного случая в пакете математического моделирования MATLAB [4]. В результате были получены вероятности отказа установки по причине наличия различных отклонений входных параметров и области отказов. Разработанный алгоритм сочетает в себе точность, простоту и высокое быстродействие.

Библиографический список

1. Войтишек, А. В. Основы метода Монте-Карло: Учеб. пособие / Войтишек А.В. — Новосибир. гос. ун-т. Новосибирск, 2010. —108 с.
2. GRS Method for Uncertainty and Sensitivity Evaluation of Code Results and Applications. — Science and Technology of Nuclear Installations, Volume 2008 (2008), Article ID 798901, 7 pages.
3. A general procedure for first/second-order reliability method (FORM/SORM). — Yan-Gang Zhao, Tetsuro Ono, Department of Architecture, Nagoya Institute of Technology, Nagoya, Japan.
4. Плохотников К.Э. Теория вероятностей в пакете MATLAB: Учебник для вузов / Плохотников К.Э., Николенко В. Н. — М.: Горячая линия — Телеком, 2014. —661 с.

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

ВЛИЯНИЕ ПАРОПРИЁМНОГО ДЫРЧАТОГО ЛИСТА НА ВЫНОС КАПЕЛЬНОЙ ВЛАГИ ЗА ПРЕДЕЛЫ ПАРОГЕНЕРАТОРА ПГВ-1000М

На сегодняшний день достаточно актуальной является проблема обеспечения жестких требований, предъявляемых к влажности пара на выходе из парогенератора. Влажность пара нормируется и не должна превышать 0,2% по массе на выходе из парогенератора. Продукты коррозии находятся в уносимой влаге в крупно- или мелкодисперсном состоянии, их отложения более вероятны с увеличением концентрации продуктов коррозии в уносимой влаге и от величины влажности насыщенного пара.

Цель работы заключается в создании математической модели, описывающей движение капель влаги в паровом пространстве парогенератора ПГВ–1000М при нормальных условиях эксплуатации, в программе конечно-элементного анализа ANSYS Fluent 19.1.

В качестве объекта исследования взят парогенератор ПГВ–1000М, эксплуатируемый на 5-м энергоблоке Нововоронежской АЭС. По инженерным чертежам была воспроизведена расчетная область, которая включает в себя паровой объем парогенератора, ограниченный поверхностью зеркала испарения, пароприёмным дырчатым листом, поверхностями «горячего» и «холодного» коллекторов, корпусом самого парогенератора, стенками паропроводящих патрубков и выходным сечением парового коллектора.

В ходе решения в программе ANSYS Fluent 19.1 были заданы граничные условия, соответствующие нормальной эксплуатации парогенератор, и настроен решатель программы.

В результате расчета были получены траектории движения капель влаги различного диаметра (10, 50, 100, 200, 300, 400, 500 мкм), график концентрации влаги в паровом пространстве, распределение полей скорости и давления генерируемого пара.

Была произведена оценка влияния пароприемного дырчатого листа на содержание капельной влаги в выходном сечении паропровода. Влияние пароприемного дырчатого листа на содержание капельной влаги за пределами парогенератора для капель сравнительно мелкого диаметра невелико. С увеличением диаметра капель эффективность ППДЛ растет, но большую роль здесь оказывает вес самой капли. Капли влаги, отрывающиеся с поверхности зеркала испарения генерируемым паром, под действием собственного веса оседают обратно, если скорость выхода пара меньше скорости витания капли.

*К.А.Никитов, студ.;
рук. С.Г.Анрианов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г.Иваново)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ БЕЗОПАСНОСТИ В АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ, СВЯЗАННЫХ С ОТКЛЮ- ЧЕНИЕМ РАЗЛИЧНОГО ЧИСЛА ГЦН

Одним из наиболее важных вопросов является вопрос обеспечения безопасности в аварийных режимах, связанных с нарушением отвода тепла от активной зоны. К таким аварийным режимам относятся течи первого контура, нарушение циркуляции теплоносителя первого контура, разрыв главного циркуляционного трубопровода (максимальная проектная авария). Результатом подобных аварий может являться разрушение ТВЭЛов вследствие расплавления оболочки, расплавление активной зоны, попадание радиоактивных веществ в теплоноситель первого контура, облучение персонала, загрязнение окружающей среды.

Поэтому наиболее важной задачей проектирования и эксплуатации энергоблоков АЭС является обеспечение отвода тепла от активной зоны в самых различных режимах работы. В данной работе проводится определение основных критериев теплотехнической надежности активной зоны в аварийных режимах, связанных с отключением различного числа ГЦН.

По результатам расчета были определены:

- максимальная температура в центре топливного сердечника $t_0=1667,8$ °С;
- максимальная температура наружной поверхности оболочки твэла $t_{об}=333,4$ °С;
- минимальный коэффициент запаса до кризиса теплообмена $k=1,108$.

Результаты расчета подтверждают, что активная зона полностью удовлетворяет условиям теплотехнической надежности в рассмотренном аварийном режиме.

Библиографический список

1. **Ильченко А.Г.** Тепловой и гидравлический расчет реакторов ВВЭР: Метод. указания / А.Г. Ильченко / ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» – Иваново, 2008. – 40 с.
2. **Ленинградская АЭС-2.** Расчет теплогидравлический. Часть 1. Отключение различного числа главных циркуляционных насосных агрегатов: Проект / ОКБ «Гидропресс», 2013.

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

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ПАРОГЕНЕРАТОРОВ АЭС С ВВЭР

Разработанная программа расчета позволяет производить несколько видов расчета горизонтальных парогенераторов с погруженной поверхностью теплообмена:

- тепловой (расчет величины площади поверхности теплообмена);
- конструктивный расчет (определение габаритных размеров ПГ, длин трубок поверхности теплообмена, распределение трубок в трубном пучке);
- гидравлический расчет (вычисление гидравлического сопротивления движению теплоносителя);
- прочностной расчет (определение толщин стенок основных элементов ПГ);
- расчет массы основных элементов ПГ и всего парогенератора.

Расчеты производятся на основании заданных исходных параметров, основными из которых являются параметры теплоносителя и рабочего тела, паропроизводительность ПГ и некоторые конструкционные характеристики.

Результаты основного полного расчета ПГ могут быть использованы для проведения вариативных расчетов. Интерфейс программы позволяет зафиксировать (сделать постоянными) некоторые рассчитанные характеристики и за счет пошагового изменения каких либо параметров производить исследование их влияния на интенсивность теплообмена. Например, таких параметров как давление в ПГ, средняя температура теплоносителя, температурный напор, величина отложений примесей на поверхности теплообмена и т.д.

Программа может быть использована для проведения лабораторных работ, для выполнения исследовательской части курсовой работы по дисциплине «ПГ АЭС» и ВКР.

Библиографический список

1. **Рабенко В.С., Токов А.Ю.**, Основы проектирования парогенераторов АЭС с ВВЭР; учеб. пособие/ «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина», 2002.

*Е.И. Терентьев, Д.А. Галата, студенты;
рук. А.Г. Ильченко, к.т.н., доц.
(ИГЭУ им. В.И. Ленина, г. Иваново)*

СИСТЕМА АККУМУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА АЭС

Системы аккумулирования тепловой энергии (САТЭ) на АЭС обеспечивают повышение не только маневренности, но и экономической эффективности таких АЭС. Принцип их работы заключается в том, что во время ночного провала графика электрической нагрузки станция снижает электрическую мощность на 20-30% и более, а реакторы работают с полной нагрузкой, т.е. на номинальной тепловой мощности. Избыток тепла на АЭС в этот период запасается в специальных аккумуляторах тепла. Во время утреннего и вечернего максимумов аккумулированное тепло используется для покрытия пиков электрической, а в случае необходимости, и тепловой нагрузки.

В качестве аккумулирующей среды в САТЭ могут использоваться горячая вода или пароводяная смесь, а также высокотемпературный теплоноситель (ВТТ). Применение ВТТ позволяет отказаться от применения дорогостоящих сосудов под давлением.

В данной работе приведены результаты расчетного обоснования применения САТЭ с ВТТ в составе энергоблока АЭС с ВВЭР-1000 проекта «АЭС-2006».

В качестве аккумулирующего вещества применяется синтетический теплоноситель ТЛВ-330. Необходимый объем баков для горячего ВТТ при продолжительности режима разряда АТ 4 часа в сутки составляет около 50 000 м³. Максимальный прирост электрической мощности блока в режиме разряда равен 150 МВт (мощность турбины в номинальном режиме 1195 МВт, брутто). Минимальная мощность блока при продолжительности режима заряда 7 часов в сутки составляет около 676 МВт.

Технико-экономический анализ показал, что использование САТЭ с ВТТ для суточного регулирования электрических нагрузок является оправданным только при невысоких уровнях капиталовложений в САТЭ и числе часов работы в сутки, не превышающим 4-х часов в сутки (1000 часов в год) – при низкой стоимости природного газа. При высокой стоимости природного газа выработка дополнительной электроэнергии с использованием САТЭ может быть экономически выгодной и при большей продолжительности работы – до 12 ÷ 16 часов в сутки.

Р.Р.Феофанов, Клипанов Е.А., Мечтаева Н.Н., Мурадян А.К., студ.;
рук. В.Г. Шошин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

РАЗРАБОТКА WEB-ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ ОРИЕНТИРОВОЧНОГО РАСЧЕТА ТУРБИНЫ

На кафедре АЭС ИГЭУ разработан комплекс программно-методического обеспечения (КПМО) учебного проектирования паровых турбин [1]. КПМО успешно эксплуатируется при выполнении курсовых и дипломных работ. Содержит программы тепловых и прочностных расчетов паровых турбин, а также методическое обеспечение и справочные данные в полном объеме, необходимом для выполнения учебного проекта ПТ.

КПМО представлен в виде интерактивного пособия, выполненного в среде Help&Manual 6.0. Дает возможность пользователю производить расчеты без необходимости обращаться к другим источникам информации. Основным недостатком КПМО является отсутствие удаленного доступа.

Поэтому была поставлена задача разработки web-версии КПМО. Поскольку общий объем комплекса чрезвычайно велик, в качестве примера разработана web-версия только ориентировочного расчета ПТ, что позволяет отработать технологию решения общей задачи – создания web-версии КПМО в полном объеме.

При разработке web-сервиса текстовая информация, методика расчета, формулы и таблицы, а также графический материал, были заимствованы из существующей версии КПМО [1]. Исходный материал отредактирован с помощью Microsoft Office и Microsoft Visio, разметка web-страниц осуществлена с помощью текстового редактора Sublime Text 3 на HTML 5, а внешний вид web-страниц выполнен на основе CSS 3. Логика расчетов написана на языке JavaScript. Также создана база данных пользователей на основе языка php 5.6 и интегрирована в web-сервис.

Таким образом выполнен первый этап создания web-версии КПМО.

Библиографический список

1. Лоншаков Н.А., Мечтаева М.Н. рук. Шошин В.Г. Разработка программного комплекса теплового расчета паровой турбины. X международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Энергия-2015»: Т. 2 – Иваново: ФГБОУ ВПО ИГЭУ имени В.И. Ленина, 2015. С. 33-35.

С.А.Ферапонтова, Л.А.Питенина, студ.;
рук. А.Ю.Токов, к.т.н., доц.(ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ НФХ ПЕРВОЙ ТОПЛИВНОЙ ЗАГРУЗКИ РЕАКТОРА ВВЭР-1200 ЛАЭС-2

В 2018 году на ЛАЭС–2 введен в эксплуатацию первый энергоблок ВВЭР-1200. Главным конструктивным отличием ТВС ВВЭР-1200 от ТВС-2 и ТВС-2М является перемещение инструментального канала СВРД из центра ТВС в ячейку между рядами направляющих каналов, а в центральной ячейке размещается твэл. Для увеличения загрузки топлива твэлы, твэги и топливный столб удлинены на 200 мм, высота нижней части поглотителя из титаната диспрозия также увеличена на 200 мм для снижения радиационной нагрузки на карбид бора. Топливный цикл – четырехгодичный, 343 эфф.сут. Среднее обогащение топлива первой и стационарных топливных подпиток соответственно 2,68 % и 4,79 % .

Для исследований НФХ первой топливной загрузки применен программный комплекс для проектно-эксплуатационных нейтронно-физических расчетов, в состав которого входят программы:

- MCU-RJEA/1.0 – для решения задач переноса нейтронов с энергией 10 МэВ–10,5 эВ методом Монте-Карло;
- ТВС-М – для подготовки и аппроксимации многопараметрических зависимостей нейтронных сечений ТВС и их элементов в функции состояния реактора и выгорания топлива;
- БИПР-7А – для расчетов критичности, эффектов и коэффициентов реактивности, эффективностей органов регулирования, трехмерных распределений мощности, моделирования переходных процессов, выгорания и отравления;
- ПЕРМАК-А – для потвэльных расчетов выгорания и линейных нагрузок твэлов в условиях перемещения органов СУЗ, переходных процессов на ксеноне и борного регулирования.

Были определены мощностной, температурный, барометрический и плотностной коэффициенты реактивности по слоям ТВС на уровне 100% мощности реактора, а также получены графики изменения во времени энерговыделения в ТВС, основных параметров реакторной установки и поведения ксеноновых колебаний в переходном процессе на ксеноне, вызванном малым снижением и увеличением мощности.

Результаты моделирования хорошо совпали с данными физического эксперимента, проведенного на ЛАЭС-2 в августе 2018 г. при работе реактора на 100% мощности.

СЕКЦИЯ 10
ТЕПЛООБМЕН В ПРОМЫШЛЕННЫХ
УСТАНОВКАХ

Председатель –
к.т.н., ст. преп. **Габитов Р.Н.**

Секретарь –
студ. **Молодцова Ю.А.**

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

КОНСТРУИРОВАНИЕ ЗОНЫ СУШКИ ШАХТНОЙ ПЕЧИ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Зона сушки предназначена для равномерного высушивания отходов, что определяется равномерным полем скоростей, которое зависит от количества патрубков для отбора газа.

В качестве 3D-модели слоя ТКО, использована фрактальная геометрия, называемая «губкой Менгера» [1], помещенная в цилиндр (рис.1).

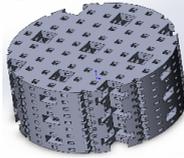


Рис. 1. Геометрическая модель слоя ТКО

Наиболее равномерное распределение газа в слое ТКО получается при использовании четырех патрубков. Поле скоростей, которое обеспечивается данным конструктивным решением, приведено на рис.2.

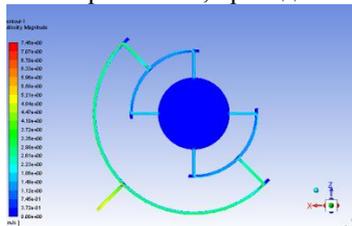


Рис. 2. Поле скоростей в сечении конструкции

Таким образом, была получена геометрическая модель зоны сушки в шахтной печи для переработки ТКО, обеспечивающая равномерное высушивание исходного сырья.

Библиографический список

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

*Е.С. Шувье, А.В. Носков, студ.; рук. Д.А. Долинин, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССООБМЕНА В СКРУББЕРЕ

Эффективное использование энергетических ресурсов – актуальная проблема современности. При эксплуатации доменных печей вторичным энергетическим ресурсом является доменный газ. Для его использования в технологическом процессе в качестве топлива необходимо предварительная очистка. Наиболее энергоёмкими являются полый форсуночный скруббер и трубы Вентури. Их эксплуатация связана с большими затратами воды.

Для нахождения оптимальных режимов работы данного оборудования необходимо проводить испытания, что связано со значительными затратами. Использование современных CFD-кодов для моделирования работы форсуночного скруббера является более выгодным, чем проведение экспериментальных исследований.

Построена модель полого форсуночного скруббера, позволяющая наблюдать траекторию движения частиц, степень перекрытия сечения скруббера, следить за распределением полей скоростей, давлений, температур. Модель позволяет оценивать эффективность перекрытия при различном сочетании работающих форсунок, отключать ярусы орошения, изменять направления факелов, варьировать значения параметров разбрызгиваемой среды, отслеживать необходимые сочетания параметров воды и свойств доменного газа.

Произведено сравнение оценки эффективности по объёму перекрытия факелами воды рабочего пространства скруббера с эффективностью пылеулавливания, полученной на реальном объекте. Данные параметры, зависящие от расхода воды на одну форсунку, аппроксимируются линейной зависимостью. Эффективность пылеулавливания превосходит плотность перекрытия на 20%.

Предложенный способ исследования может быть использован на начальном этапе проектирования и при реконструкции существующего оборудования.

Библиографический список

1. **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.
2. **Витман Л.А.,** Кацнельсон Б.Д., Палеев И.И. Распыливание жидкости форсунками / Л.А.Витман, Б.Д.Кацнельсон, И.И. Палеев. – М.: Госэнергоиздат, 1962. – 264 с.

*А.А. Малов, Ю.А. Кемская, студ.; рук. О.Б. Колибаба, к.т.н., доц.,
(ИГЭУ г. Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В УСТАНОВКЕ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Для термической переработки твердых коммунальных отходов используют специальные печи, в которых происходит частичное или полное разложение органического сырья с образованием твердого углеродистого остатка и выделением газообразного топлива.

Основными теплообменными процессами, протекающими в термическом реакторе, являются нагрев и пиролиз. Пиролиз как технология сравнительно молодой и мало изученный способ обращения с органическими отходами. Для его изучения используют методы физического и математического моделирования. Сократить трудоемкость лабораторных исследований позволяет использование методов математического моделирования. В основе моделирования этих процессов в большинстве случаев лежит допущение о возможности осреднения по толщине слоя всех искомых функций и характеристик с последующим использованием систем дифференциальных нелинейных уравнений. Задачи, связанные с фазовыми превращениями, изменением химического состава среды и выделением теплоты могут быть отнесены к области задачи Стефана.

Целью работы является математическое моделирование теплообмена в слое органического сырья при его нагреве и пиролизе в термическом реакторе. Математическая модель основана на решении задачи Стефана с подвижной границей и позволяет определить температурное поле слоя органического сырья (ТКО), нагреваемого сверху радиационно-конвективным тепловым потоком.

Разработана математическая модель теплообмена в слое органического сырья в реакторе пиролиза. Модель позволяет определить температурное поле слоя на базе решения задачи Стефана с подвижной границей, скорость и продолжительность переработки ТКО.

Библиографический список

1. **Шубов Л.Я.** Технологии отходов / Л.Я. Шубов, М.Е. Ставровский, Д.В. Шехирев / М., 2006. – 412 с.
2. **Крупеников С.А.** Численный метод решения одномерной задачи Стефана/ С.А. Крупеников, А.И. Начатой / Изв. вузов. Черная металлургия, 1989, №11, с. 156 – 157.

*А.П. Макарова, Д.С. Таламаев, студ.; рук. Д.А. Долинин, доц.,
(ИГЭУ г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ПИРОЛИЗА

Рост потребления, особенно в крупных городах, приводит к увеличению объемов образования твердых коммунальных отходов (ТКО). В России основной технологией утилизации таких отходов является их захоронение на полигонах. Сложность решения проблем утилизации отходов обуславливается необходимостью применения капиталоемкого оборудования и трудностью решения многофакторной задачи эколого-экономического обоснования выбора конкретной технологии утилизации бытовых отходов.

Пиролиз представляет собой один из эффективных процессов термохимической переработки органических соединений, протекающий без участия кислорода при температурах до 800-850°C, а в большинстве случаев температура процесса ограничивается 600°C.

Предложена установка для термической переработки твердых коммунальных отходов методом пиролиза, содержащая металлический футерованный изнутри прямоугольный корпус с теплоизолированным сводом, коллектор для сбора газообразных продуктов переработки твердых коммунальных отходов, соединенный патрубком с трубопроводом для подачи газа потребителю и на собственные нужды установки, загрузочное устройство с питателем для дозированной подачи ТКО, снабженная ленточным конвейером с размещенным на нем слоем предварительно подготовленных твердых коммунальных отходов, а в верхней ее части оборудована рекуперативной металлической камерой, расположенной горизонтально под сводом печи для подачи воздуха, направляемого на горение, которое осуществляется в радиационных трубах, расположенных горизонтально в рекуперативной, обеспечивая, таким образом, повышение интенсивности разложения отходов и эффективности работы установки за счет равномерного прогрева слоя ТКО, рекуперации теплоты продуктов сгорания и минимизации тепловых потерь в окружающую среду.

Библиографический список

1. **Шубов Л.Я.** Технологии отходов / Л.Я. Шубов, М.Е. Ставровский, Д.В. Шехирев / М., 2006. – 412 с.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА ПРИ НАГРЕВЕ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Работа посвящена исследованию температурного поля пористой пластины при одностороннем лучистом нагреве. Экспериментальная часть включала измерение температур по сечению кирпича из шамота-легковеса при нагреве излучающей поверхности до 400°C. Температуры фиксировались в трех точках на нижней поверхности и по одной точке в центре и на верхней поверхности с помощью хромель-копелевых термопар. Передача данных на ПК осуществлялась через аналоговый модуль ввода МВА-8. По полученным данным построены температурные графики для соответствующих поверхностей. Особенностью нагрева пористого тела излучением является поглощение теплоты не только на поверхности тела, но и в некотором его объеме.

Результаты экспериментов стали основой для разработки математической модели температурного поля, формирующегося в объеме пористой пластины при её нагреве излучением.

Математическая модель включает в себя:

- уравнение теплопроводности с источником теплоты, обусловленным объемным поглощением падающего излучения;
- начальные условия;
- граничные условия.

Разработана математическая модель температурного поля пористой пластины, нагреваемой переменным лучистым потоком, которая учитывает объемный механизм его поглощения.

Адекватность разработанной модели обеспечивается за счет правильного выбора коэффициентов, входящих в формулу переменного во времени лучистого потока, а также коэффициентов переноса, отвечающих за теплофизические свойства пористого материала.

Библиографический список

1. **Теория тепломассообмена:** учебник для вузов / [С. И. Исаев и др.]; под ред. А. И. Леонтьева. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2018. — 462 с.
2. **Ярьшев Н.П.** Теоретические основы измерения нестационарной температуры. Л.: Энергоатомиздат. 1990. – 256 с.

*А.А. Уткина, А.А. Сумкин, студ.; рук. Е.В. Гусев, (к.т.н.)
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПНЕВМАТИЧЕСКОЕ ДИСПЕРГИРОВАНИЕ ТОНКО-ДИСПЕРСНОЙ ВОДНОЙ СУСПЕНЗИИ

Распыливание водных суспензий как технологический процесс широко используется в сушильном оборудовании с целью получения порошков различной фракции. При пневматическом способе распыливания основными определяемыми параметрами диспергирования водной суспензии в газовую среду являются дисперсность капель-частиц распыла, скорости и удельные потоки компонентов суспензии и газа по длине факела форсунки [1,2].

В качестве распыливаемой среды использовалась 50% водная суспензия, состоящая из тонкодисперсных веществ (менее 0,15 мм): легкоплавкой умеренно-пластичной глины и золы гидроудаления Ивановской ТЭС-2 (в соотношении по массе, %: Г:З=60:40).

Для определения дисперсного состава распыла был выбран метод улавливания капель-частиц иммерсионной высоковязкой средой с последующим анализом распределения капель-частиц по цифровым фотографиям посредством компьютерной программы ImageJ.

Получены закономерности диспергирования водной суспензии (при выходном диаметре форсунки $D_{\phi}=9$ мм) по вертикальной длине факела распыла с определением средней дисперсности жидко-твердой фазы ($d_{\text{кап}}=0,135\div 0,103$ мм) при различных давлениях нагнетаемого воздуха ($p=0,3\div 0,6$ МПа) и отношениях расходов газа и суспензии ($G_r/G_c=8,7\div 3,5$), на основании которых выведено выражение вида [1]:

$$\frac{d_{\text{кап}}}{D_{\phi}} = 0,026 \left(\frac{p}{p_{\text{атм}}} \right)^{-0,45} \left(\frac{G_r}{G_c} \right)^{0,04}$$

Установлено, что с увеличением давления скорость газа по оси факела возрастает на 40%, а угол распыла снижается от 30° до 23° при уменьшении среднего диаметра диспергируемых капель-частиц на 24%.

Исследования показали, что при постоянных расходах газовой и жидко-твердой фаз можно управлять диспергированием потока глинозольной суспензии при помощи нагнетаемого воздуха, что важно для интенсивности процессов сушки и смешивания дисперсных частиц.

Библиографический список

1. **Галустов, В.С.** Прямоточные распылительные аппараты в теплоэнергетике. М.: Энергоатомиздат, 1989. 240 с.

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

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЕЧИ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

Использование твердых коммунальных отходов (ТКО) в качестве сырья для получения различных альтернативных видов топлива (термогаза, пиролизного масла и твердых углеродосодержащих остатков) позволяет снизить потребление дорогостоящих энергоресурсов на предприятиях строительной отрасли[1].

В современных технологиях переработки ТКО в качестве основного оборудования часто используются шахтные печи, в которых процесс пиролиза сопровождается небольшими подсосами воздуха (окислительный пиролиз)[2]. Одной из наиболее известных является технология «Тогах», в которой пиролизный газ, предназначенный для последующего использования, отводится из зоны сушки шахтной печи, где он выполняет роль сушильного агента. В процессе сушки увеличивается влагосодержание газа и, соответственно, снижается его качество (теплотворная способность). Повышение качества пиролизного газа можно достичь отводом из печи части газа в зоне пиролиза[3], уменьшая количество газа, подвергающегося окислению и увлажнению в зоне сушки и обладающего более низкой теплотворной способностью.

Для определения режимных и конструктивных параметров печи[3] и оценки эффективности ее тепловой работы выполнен расчет теплового баланса рабочего пространства и термического КПД при различных режимах окислительного пиролиза. Определены удельные тепловые потоки камеры пиролиза в зависимости от влажности исходного сырья.

Библиографический список

1. **Чучмарёва А.С.** Применение новых проектов и технологий в сфере обращения с отходами в Московской области // Отходы и ресурсы - 2017 - №3
2. **Шишкин Ю.Л.** Окислительный пиролиз как метод структурно-группового анализа органического вещества и его применение для оценки углеводородного, газового и коксового генерационных потенциалов осадочных пород и пиролизного сырья // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2009. – №6. – С.16–28.
3. **Kolibaba O.B., Sokolskiy A.I., Gabitov R.N.** Research of the pyrolysis of municipal solid waste aimed at improving the efficiency of thermal reactors. //J. International Journal of Energy for a Clean Environment. 2017. P. 147-160. DOI: 10.1615/InterJEnerCleanEnv.2017020368.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТАЛЬКОВОЙ РУДЫ

Внедрение в различные отрасли промышленности высокоэффективных технологических аппаратов для обезвоживания сыпучих материалов позволяет интенсифицировать процесс сушки, автоматизировать его, снизить энергозатраты, создать установки большой производительности и увеличить производительность труда. Для организации процесса сушки необходима информация о свойствах объекта сушки, к ним относятся: внутренняя пористая структура, физические и теплофизические свойства, массопереносные характеристики.

Внутреннюю пористую структуру влажного материала исследовали адсорбционным методом, методика проведения которого достаточно приближена к условиям сушки [1,2]. По экспериментально полученным данным (изотермам сорбции-десорбции) можно определить влагосодержание продукта, находящегося в термодинамическом равновесии с газом. Характер этих изотерм дает возможность оценить особенности строения вещества с учетом связи влаги с материалом, влияние пористой структуры на протекание внутренней диффузии влаги и пара.

С помощью использования метода диатермической оболочки было получено эмпирическое выражение для расчета коэффициента теплопроводности тальковой руды. Обработка кинетических зависимостей позволила получить зональным методом [3] эмпирическую зависимость для расчета эффективного коэффициента массопроводности.

Проведенные исследования по изучению свойств объекта сушки необходимы для составления математических моделей описывающих модели протекающие в аппаратах, а также для выбора эффективной конструкции аппарата. Для термообработки тальковой руды рекомендуется использовать вихревые аппараты, в которых время обработки составляет от нескольких секунд до минуты.

Библиографический список

1. **Сажин Б.С.**, Сажин В.Б. Научные основы техники сушки. - М.: Наука, 1997. – 488с.
2. **Лыков А.В.** Теория сушки. - М.: Энергия, 1968.- 470с.
3. **Рудобашта С.П.** Массоперенос в системах с твердой фазой / Под ред. А.Н. Плановского.- М.: Химия, 1980.-248с.

А.М. Чванкина, И.А. Тюрин, студ.; рук. Е.В. Гусев, (к.т.н.)
(ИГЭУ, г. Иваново)

ОПТИМИЗАЦИЯ КИНЕТИКИ СУШКИ ЗОЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Использование в составе керамических изделий видоизменных (тонкодисперсных), сходных по химическим составам легкоплавкой глины и золы гидроудаления ТЭС, позволяет решать не только вопросы экологии, но и интенсификации процесса термообработки [1].

С целью оптимизации снятых кинетических данных был использован широко распространенный метод Красникова В.В., по которому все кривые сушки капиллярно-пористых материала $U=f(\tau)$, снятые при различных режимах могут объединяться в одну обобщенную кривую сушки [2].

Данное предположение было проверено для глинозольных пластинчатых образцов-сырцов различных толщин и параметров сушильного агента. Анализ данных по кинетике сушки образцов в виде функции $U^*=(U-U_k)/U_n=f(\tau/\tau_c)$ показал, что семейство кривых сушки глинозольных образцов, снятых при различных толщинах тела и температур теплоносителя (80÷120°C) трансформируется в единую обобщенную кривую сушки, которую можно описать выражением:

выражением:

$$U^* = \frac{(U - U_k)}{U_n} = -0,72 \left(\frac{\tau}{\tau_c} \right)^3 + 2,51 \left(\frac{\tau}{\tau_c} \right)^2 - 2,763 \left(\frac{\tau}{\tau_c} \right) + 0,985$$

Таблица 1 - Параметры экспериментальных кривых сушки глинозольных образцов-сырцов состава Г:З=60:40 полусухого прессования при давлении 20 МПа

Толщина образца, h , мм	12,8	10,9	9,3	8,0	6,5
Начальная влажность образца, U_n , %	9,4	9,8	10,1	10	9,5
Конечная влажность образца, U_k , %	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Время сушки (при $t_c=110^\circ\text{C}$; $v_c=3$ м/с), τ_c , мин	44	35	28	22	18

Полученные результаты позволяют в обратном порядке упорядочить кривые сушки к единому характеру по начальной и конечной влажности материала. Однако, следует отметить, что при изменении состава изделия и степени уплотнения, обобщенные кривые сушки имеет другие закономерности из-за изменения структурно-пористого преобразования материала.

Библиографический список

1. Сайбулатов, С.Ж., Сулейменов С.Т., Кулбеков, М. Золы ТЭС в производстве строительной керамики. - Алма-Ата: Казахстан, 1986. 144 с.
2. Красников, В.В. Кондуктивная сушка. - М.: Энергия, 1973. 288 с.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ ДОМЕННОГО ГАЗА НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ГАЗОВОЙ УТИЛИЗАЦИОННОЙ ТУРБИНЫ

В настоящее время на металлургических предприятиях применяются газовые утилизационные бескомпрессорные турбины (ГУБТ), использующие избыточное давление доменного газа для выработки электрической энергии. В работе рассматривается турбина ГУБТ-25 мощностью 25 МВт, работающая на предварительно очищенном доменном газе с относительной влажностью 100 %.

Процесс расширения влажного доменного газа в турбине изучен слабо. Уравнения имеют сложную логарифмическую форму и не всегда могут быть применены для расчета процесса в реальной турбине.

По данным, полученным при проведении промышленного эксперимента ГУБТ-25 [1], было установлено, что с увеличением температуры доменного газа на входе в турбину количество выделяемой влаги в процессе расширения увеличивается.

Для оценки влияния начальной температуры, а следовательно, влагосодержания доменного газа в области экспериментальных данных были получены зависимости КПД турбины от температуры доменного газа на входе в турбину, определенные по двум методикам.

Первая методика основывается на разнице давлений доменного газа на входе и выходе из турбины и предполагает вычисление КПД турбины по уравнению $\eta = -0,00303t^3 + 0,459t^2 - 22,9t + 415$.

В основе второй методики лежит отношение работ расширения политропного и адиабатного процессов доменного газа в турбине: $\eta = 0,00865t^2 - 1,40t + 87,1$.

По результатам полученных зависимостей отмечаем, что влияние начальной температуры газа, а, следовательно, и влагосодержания доменного газа на КПД турбины носит неоднозначный характер. Поэтому данная проблема требует дополнительных исследований.

Библиографический список

1. **Горинов О.И., Горбунов В.А., Нагорная О.Ю.** Экспериментальное исследование работы ГУБТ-25 на ОАО «Северсталь» / Состояние и перспективы развития электротехнологии. XII Бенардосовские чтения: Тез. докл. международной научно-технической конференции. – Иваново: ГОУ ВПО «ИГЭУ имени В.И. Ленина», 2005. Т.2. – С. 54.

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

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕТРОКОЛЕСА

Теоретические исследования, практически одновременно проведенные в начале прошлого века Бетцем на Западе и Жуковским в России, показали одинаковое значение максимальной мощности ветрогенератора – 59,7% от мощности набегающего ветрового потока.

Это значение в настоящее время общепризнано. Однако, проведенные нами опыты по экспериментальному определению данной величины, называемой коэффициентом мощности ветроколеса C_N , проведенные для условий несвободного воздушного потока, показали отклонение опытной величины от теоретической.

Эксперимент был проведен на диапазоне изменения коэффициента торможения потока e , соответствующем максимальному значению C_{Nmax} . Практически все опыты показали превышение экспериментального значения над теоретическим (в эксперименте $C_{Nmax} = 64,0 \%$), что говорит о несоответствии реальному положению вещей. По нашему мнению, причина этого состоит в линейной теории, не учитывающей циркуляцию воздушного потока после контакта с ветроколесом, и более близок к реальности вывод Г.Х. Сабинина, получившего значение $C_{Nmax} = 67,4 \%$ с учетом циркуляции.

Если же рассмотреть теоретический вывод Г.Х. Сабинина с позиций, аналогичных [1], то для реальных условий свободных воздушных потоков получим $C_{Nmax} = 45,4 \%$, но это значение нуждается в экспериментальной проверке.

Библиографический список

1. **Пронин В.Ю.** КПД ветроколеса // МНТК «Состояние и перспективы развития электротехнологии» (XIV Бенардосовские чтения), Том II.- Иваново, ИГЭУ, -2007- С.63

*П.А. Торопов, студ.; рук. О.И. Горинов, к.т.н., профессор
(ИГЭУ, Иваново)*

ВЛИЯНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ПИРОЛИЗА НА СКОРОСТЬ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ.

Проблема утилизации твердых органических, в том числе коммунальных, отходов (ТКО) остро стоит во всем мире. В РФ особая актуальность проблемы утилизации ТКО возникает в крупных городах и населенных пунктах, ее решение тесно связано с охраной окружающей среды и ресурсосбережением[1].

Наиболее перспективными из известных термических методов переработки ТКО считаются пиролиз и газификация[2]. Пиролиз и высокотемпературная газификация, по существу, есть вариант комплексной переработки ТКО с получением вторичных полезных продуктов(термогаза, шлака и др.) и тепловой энергии из «бросового» сырья. В настоящее время нет ни концепций, ни теоретической основы для расчетов и проектирования. Это обстоятельство в какой-то мере объясняется отсутствием в информационных источниках теоретических и экспериментальных исследований теплофизических процессов, происходящих в слое органического сырья(ОС) и его свойств.

Из энергетического баланса на поверхности термообрабатываемого органического слоя нами определена скорость его термической переработки, которая увеличивается с увеличением выделенной тепловой энергии от окисления части органического вещества.

Библиографический список

1. **Доклад** руководителя Роспотребнадзора В.В. Кириллова «О региональных аспектах обращения с отходами потребления в РФ» официальный сайт [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.solidwaste.ru/docs/view/761.html>
2. **Манохин В.Я.** Нормы накопления ТБО, их состав и свойства / В.Я. Манохин, И.А. Иванова, М.В. Манохин // Научный вестник воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: высокие технологии. Экология. – 2013. - №1. – С.21 – 27.в. ГОУВПО «МГУС». М., 2006.-410с.

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

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕРМИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ТВЕРДЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ОТ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Термическая переработка твердых органических отходов процессами пиролиза и газификации осуществляется в установках –термических реакторах[1]. Однако в стадиях проектирования и создания термических реакторов возникают затруднения, связанные с определением скоростей протекания процессов термической переработки и как следствие определения их производительности[2].

Термические реакторы по температурным режимам несколько отличаются от известных теплотехнологических установках (печи, котлы и т.п.), в которых они строго регламентированы. В термических реакторах одновременно осуществляются два термических процесса – пиролиз в температурном интервале от 170°С до 600°С и газификация от 900°С и выше. Поэтому представляет интерес исследования температурных режимов на их производительность.

Нами на основе энергетических балансов термореактора произведены теоретические исследования зависимости его удельной производительности от температуры термообрабатываемой поверхности t_n и температурного напора $\Delta t = t_u - t_n$.

По результатам исследований можно сделать вывод, что с увеличением температуры излучающей поверхности t_u и перепада температур Δt производительность увеличивается, причем наблюдается более интенсивное увеличение производительности при температурах $t_u = 1100 \div 1300^\circ\text{C}$ и перепадах температур $\Delta t > 200^\circ\text{C}$, что можно объяснить меньшей затратой энергии на нагрев термогаза и перегрев влаги при температурах $t_u > 1300^\circ\text{C}$.

Библиографический список

1. **Патент РФ №2536896** «Переносная установка для термической переработки твердых бытовых отходов на полигоне»
2. **Систер, В. Г.** Выбор технологий обезвреживания отходов с учетом их состава и свойств / В.Г. Систер, А.Н. Мирный // Твердые бытовые отходы. – 2009. – № 1. – С.16–21.

*Е.А. Селезнева, студ. А.А. Нечаев, магистрант;
рук. Г.Ю. Селезнева, к.т.н., доц.
(ИВГПУ, г. Иваново)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОНОВ

Одним из наиболее эффективных способов ускорения твердения бетона является применение быстротвердеющих вяжущих, в частности гипсоцементнопуццолановых. Однако высокая начальная влажность и недостаточная распалубочная прочность гипсоцементнопуццолановых бетонов вызывают необходимость сушки изделий или выдерживания их длительное время в производственных помещениях до приобретения необходимой влажности[1,2].

В работе исследовалось влияние комплексных химических добавок на ускорение твердения бетона, в раннем возрасте, снижение начальной влажности и повышение конечной прочности изделия.

Влияние добавок оценивали по изменению подвижности бетонной смеси при одинаковом водовяжущем отношении и по снижению воды равноподвижных паст. Затем исследовали влияние добавок на кинетику роста прочности бетона и на снижение расхода вяжущего.

Таким образом, введение химических добавок и их комплексов позволяет снизить влажность изделий, исключить тепловую обработку и сушку их из технологического процесса, уменьшить расход условного топлива при изготовлении изделий из легких и тяжелых бетонов.

Библиографический список

1. **Касторных В.И.** Добавки в бетоны и строительные растворы/ Л.И. Касторных. – Ростов на Дону: “Феникс”, 2005. – 221 с.
2. **Основин В.Н.** Справочник по строительным материалам и изделиям/ В. Н. Основин, Л.В. Шуляков, Д.С. Дубяго. – Ростов на Дону: “Феникс”, 2006. – 443 с.

СЕКЦИЯ 11
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В ТЕХНОСФЕРЕ

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

Секретарь –
студент **Серёгина А.И.**

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

К ВОПРОСУ РАСПОЛОЖЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ЛЭП В Г. ИВАНОВО

Современная городская застройка характеризуется всё более плотным расположением жилых домов. Как следствие, городские коммуникации такие, как высоковольтные линии электропередач (ЛЭП) всё чаще попадают в поле зрения населения, вызывая вопрос о влиянии на здоровье и самочувствие человека.

Особый интерес вызывают случаи, когда жилые дома расположены достаточно близко к ЛЭП. Расстояние до линии электропередач - это важный показатель, напрямую влияющий на безопасность жилья.

Существуют санитарные нормы и правила, устанавливающие максимально допустимое значение напряжённости электрического поля промышленной частоты на территории зоны жилой застройки (1 кВ/м) и внутри жилых зданий (0,5 кВ/м).

Кроме того, вдоль ЛЭП в зависимости от величины напряжения нормируется минимальное безопасное расстояние от ЛЭП до жилого дома. На основании этого расстояния устанавливаются санитарные зоны ЛЭП.

Таким образом, задачей научно-исследовательской работы является оценка воздействия ЭМП промышленной частоты на население г. Иваново, проживающего на ул. Мархлевского. ВЛ 35кВ расположена в непосредственной близости к жилым домам, что заставляет местных жителей задаваться вопросом о безопасности их жилища, вызывает подозрения о превышении допустимых уровней ЭМП на придомовой территории и в квартирах.

Библиографический список

1. **СанПиН 2971-84.** Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты
2. **Правила** устройства электроустановок (ПУЭ). – 7-е изд. – СПб.: УВСИЗ, 2005.

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

ИЗНОС ОБОРУДОВАНИЯ, КАК ПРИЧИНА КРУПНЫХ АВАРИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ, НА ПРИМЕРЕ САЯНО-ШУШЕНСКОЙ ГЭС

Износ оборудования является актуальной проблемой России. При этом эксплуатация изношенного оборудования сопряжена с ростом риска отказов и крупных аварий на объектах энергетики.

Примером такой аварии является разрушение целостности гидроагрегата на Саяно-Шушенской ГЭС 17 августа 2009 года.

Саяно-Шушенская гидроэлектростанция (СШГЭС) расположена на реке Енисей, близ поселка Черемушки республики Хакасия.

Причиной аварии явилось разрушение шпилек крепления крышки гидроагрегата (ГА) №2.

За несколько часов до аварии ГА №2 был выведен из резерва и введён в работу. При этом режим работы агрегата лежал за пределами рекомендованной для эксплуатации зоны, что сопровождалось переходными гидродинамическими процессами, пульсациями давления в проточном тракте и повышенной вибрацией гидроагрегата.

Вследствие многократного повторяющихся нагрузок переменного характера, образовались и развились усталостные повреждения узлов крепления гидроагрегата и крышки турбины. Наколенные разрушения шпилек привели к срыву крышки турбины и разгерметизации водоподводящего тракта гидроагрегата. Важно отметить, что кроме разрушенных, обнаружены шпильки, на которых отсутствуют следы срыва гаек т.е., на момент аварии гайки на шпильках уже отсутствовали.

В результате аварии погибло 75 человек.

Таким образом, сочетание физического износа оборудования и отсутствия системы диагностики оборудования привело к серьёзным материальным и человеческим потерям.

Библиографический список

1. **Разрушение гидроагрегата №2 Саяно-Шушенской ГЭС: причины и уроки.** Сборник материалов (в 3 томах). — М.: НП «Гидроэнергетика России», 2013.
2. **Акт технического расследования причин аварии,** произошедшей 17 августа 2009 года в филиале Открытого Акционерного Общества «РусГидро» — «Саяно-Шушенская ГЭС имени П. С. Непорожного» Федеральная служба по экологическому, техническому и атомному надзору

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

ИЗНОС ОБОРУДОВАНИЯ, КАК ПРИЧИНА КРУПНЫХ АВАРИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ, НА ПРИМЕРЕ ПС №510 «ЧАГИНО»

По определению износ оборудования – это потеря его стоимости и производительности, которые происходят как от естественного физического старения, изнашивания оборудования, так и от влияния внешних неблагоприятных факторов.

Борьба с износом и продление срока службы оборудования реализуются за счёт развития методов диагностики и его своевременного обслуживания.

Значительный физический износ может привести к развитию дефектов оборудования и авариям на объектах энергетики.

Примером такого развития событий может служить авария подстанции (ПС) № 510 «Чагино» г. Москвы.

Из-за износа и развития внутренних дефектов 23 мая на ПС «Чагино» произошло возгорание одного из шести трансформаторов. Возгорание было успешно потушено, питание потребителей переведено на оставшиеся пять трансформаторов.

Вечером 24-ого мая здесь же происходит возгорание ещё четырёх трансформаторов, которые также были выведены из эксплуатации.

25 мая в 5:30 на ПС «Чагино» не выдержал нагрузки и вышел из строя последний трансформатор. ПС полностью прекратила функционирование, что привело к каскадному сбою в работе московского энергокольца и всей энергосистемы европейской части России.

В зону отключения электроэнергии попали 6,5 млн человек в пяти регионах. Было полностью остановлено 12 электростанций и обесточены сотни ПС напряжением от 35 до 500 кВ, питание потребителей было восстановлено лишь к вечеру 25 мая.

Таким образом, очевидна важность и актуальность своевременного контроля состояния электрооборудования.

Библиографический список

1. Архив ИТАР-ТАСС. Василий Смирнов Статья о ПС «Чагино»
2. Статья к 10-летию со дня аварии на ПС «Чагино». – URL: http://www.soups.ru/fileadmin/files/company/newspaper/2015_01_50_hz.pdf

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

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА НА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Система управления охраной труда (СУОТ) – это единый комплекс взаимосвязанных процедур, мероприятий, методов и средств, направленных на предупреждение воздействия опасных и вредных производственных факторов на организм работников, на снижение числа случаев производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, а также управления рисками в области охраны труда и безопасности производства.

В настоящее время разработка, применение СУОТ и оценка ее эффективности осуществляется на основании документов [1,2,3,4]. Типовое положение о системе управления охраной труда утверждено приказом Минтруда России от 19.08.2016 N 438н. На его основе разрабатывается Положение о СУОТ предприятия.

Организующим звеном при функционировании СУОТ является служба охраны труда. К основным задачам СУОТ можно отнести обеспечение безопасной эксплуатации производственного оборудования, зданий и сооружений; безопасности технологических процессов; улучшение условий труда работников; обеспечение работников средствами индивидуальной защиты, оптимальных режимов труда и отдыха, лечебно-профилактического обслуживания; профессиональный отбор; обучение и инструктаж работников по охране труда; информационное обеспечение по охране труда.

Среди мероприятий, осуществляемых в рамках действующей на рассматриваемом теплоэнергетическом предприятии СУОТ можно выделить проведение поведенческих аудитов безопасности, Дней охраны труда и Часов безопасности. Поведенческий аудит безопасности состоит из наблюдения за поведением работника при выполнении производственных заданий, мотивирующей, обучающей беседы с руководителем, реорганизации рабочего места, технического оборудования.

Для оценки соответствия СУОТ требованиям, установленным в [4], на предприятии реализуется процедура внутреннего аудита функционирования СУОТ.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 12.0.007-2009 «Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию».
2. ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования».
3. ГОСТ 12.0.230.1-2015 «ССБТ. Системы управления охраной труда. Руководство по применению ГОСТ 12.0.230-2007».
4. ГОСТ 12.0.230.2-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Оценка соответствия. Требования".

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

АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ОПАСНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПС 110 кВ “ИВАНОВСКАЯ-6” ФИЛИАЛА МРСК ЦЕНТРА И ПРИВОЛЖЬЯ “ИВЭНЕРГО”

Под управлением ПАО «МРСК Центра и Приволжья» в РФ находится 271,2 тыс. км воздушных и кабельных линий электропередачи (ЛЭП), 1553 подстанции (ПС) 35-220 кВ, 63,2 тыс. трансформаторных подстанций 6-35/0,4 кВ и распределительных пунктов 6-10 кВ.

К опасным и вредным производственным факторам, воздействующим на персонал ПС 110 кВ в зоне испытаний и измерений, можно отнести повышенные уровни ультразвука, шума, неионизирующих излучений, напряженности электрического поля токов промышленной частоты, радиочастот, электростатического поля, ионизацию воздуха, недостаточную освещенность. Кроме того оказывают воздействие повышенные или пониженные температура, влажность, скорость движения воздуха и повышенное содержание в нем вредных веществ.

Наибольшее число нарушений на оборудовании ПС приходится на устройства релейной защиты и автоматики, выключатели; опорно-стержневую изоляцию и происходит из-за физического (ресурсного) износа, дефектов изготовления и монтажа оборудования, и приводит к возникновению аварийных ситуаций.

Особенно опасны аварии оборудования, выход которого из строя приводит к прекращению межсистемных связей по передаче электроэнергии, что при дальнейшей развитии аварии приводит к каскадному развитию аварии. К таким авариям могут быть отнесены пожары и взрывы на трансформаторах и масляных выключателях электрических подстанций, обрывы проводов линий электропередачи.

К основным типовым нарушениям на воздушной ЛЭП можно отнести: падение деревьев на провода; пробой на деревья; действие посторонних лиц в охранных зонах ЛЭП (приближение техники, строительные работы и др.); удар молнии; ветровые и гололедные воздействия; пожары в охранных зонах ЛЭП; падение опор ЛЭП; ошибки персонала при ремонтах ЛЭП. Причинами аварий также часто становятся гололедообразование на линиях электропередач и налипании мокрого снега.

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

АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СЕТИ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ ОПО ИВТЭЦ-3 ФИЛИАЛ «ВЛАДИМИРСКИЙ» ПАО «Т ПЛЮС»

Анализ причин аварий, возникающих в газовом комплексе, является одним из важнейших моментов для повышения безопасности и надежности работы объекта.

Сеть газопотребления ИвтЭЦ-3 филиал «Владимирский» ПАО «Т Плюс» предназначена для подачи к котлам главного корпуса основного топлива – природного газа. Система состоит из наружных газопроводов высокого и среднего давления, газорегуляторного пункта, газового оборудования газопотребления котлами котельного цеха, запорной арматуры, газовых блоков, газопроводов безопасности, включая продувочные, газогорелочные устройства.

Аварийные ситуации возникают при разгерметизации газопроводов. При разрушении (разгерметизации) газопроводов взрывоопасный газ истекает под высоким давлением в атмосферу или помещение.

Основными причинами аварий газового оборудования и сетей газопотребления являются: заводской брак труб, тройников, газовых кранов, муфт, вставок, прокладок и других деталей; брак строительно-монтажных работ; коррозия трубопроводов; нарушение плотности соединений в арматуре, в резьбе и фланцах трубопроводов; переломы труб, появления трещин; действия персонала, не соответствующие правилам эксплуатации газового оборудования.

В проведенном исследовании рассмотрено газовое оборудование и сеть газопотребления как источники аварийных ситуаций.

В результате проведенных расчетов получилось, что индивидуальный риск и социальный риск при аварии равны, соответственно, $0,565 \cdot 10^{-6}$ и $5,58 \cdot 10^{-6}$, что незначительно превышает приемлемое значение и является допустимым при безопасной эксплуатации и соблюдении правил охраны труда и пожарной безопасности.

Библиографический список

1. **Акимов, В.А.** Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сфере: учебное пособие / В.А. Акимов. – М.: Деловой экспресс - 2004. – 352 с.
2. **Колпакова Н.В.** Газоснабжение: учебное пособие / Н.В. Колпакова, А.С. Колпаков. - 2014. -198 с.
3. **Шаров Ю.И.** Оборудование тепловых электростанций – проблемы и перспективы: учебное пособие. - Новосибирск: Изд-во НГТУ - 2002. -122 с.

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

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Торгово-развлекательный комплекс (ТРК) – это предприятие, используемое для купли-продажи товаров и оказания услуг торговли. Поэтому пожарная безопасность ТРК является одним из важных факторов сохранности рабочей территории, жизни персонала и его посетителей.

Ограничение распространения пожара достигается мероприятиями, архитектурными и инженерными решениями по ограничению площади, интенсивности и продолжительности горения. К ним относятся конструктивные и объемно-планировочные решения, препятствующие распространению опасных факторов пожара по помещению; снижение технологической взрывопожарной и пожарной опасности объектов защиты; наличие первичных, автоматических и привозных средств пожаротушения; сигнализация и оповещение о пожаре.

Каждый пожарный отсек ТРК оборудован не менее чем двумя самостоятельными рассредоточенными эвакуационными выходами. Эвакуация с этажей осуществляется по лестницам 1 типа (внутренние, размещаемые в лестничных клетках) и лестничным клеткам Н2 (с подпором воздуха в лестничную клетку при пожаре).

Двери эвакуационных лестниц и противопожарные двери оборудованы устройствами для самозакрывания и уплотнения в притворах. Выходы из эвакуационных лестниц предусматриваются непосредственно наружу. В помещениях устанавливаются настенные громкоговорители типа SWS-03 и SWS-10. Всепогодные рупорные громкоговорители типа СН-522 устанавливаются в подземной автостоянке и на кровле торгово-развлекательного центра. Выходы из лифтов в подземном и цокольном этажах предусматривают через тамбур-шлюзы с устройством подпора воздуха при пожаре.

Библиографический список

1. **Постановление** Правительства РФ № 390 от 25.04.2012 г. "О противопожарном режиме".
2. **СП 5.13130.2009** . "Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования".

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

РАСЧЕТ ПОЖАРНОГО РИСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ TOXI+Risk

Количественная оценка пожарного риска является составляющей процедуры декларирования пожарной безопасности. Для автоматизации расчетов пожарного риска в настоящее время применяется программа TOXI+Risk, которая позволяет выполнять расчет показателей пожарного риска и оценивать время блокирования эвакуационных путей в помещении производственного или непромышленного здания в соответствии с [1,2].

В ходе исследования был выполнен расчет величины пожарного риска для помещения площадью 200 м², размещенного в административном здании производственного объекта.

Величина потенциального пожарного риска в *i*-ом помещении здания рассчитывается по формуле:

$$P_i = \sum_{j=1}^J Q_j \cdot Q_{dij},$$

где *J* - число сценариев возникновения пожара в здании; *Q_j* - частота реализации в течение года *j*-го сценария пожара, год⁻¹; *Q_{dij}* - условная вероятность поражения человека при его нахождении в *i*-ом помещении при реализации *j*-го сценария пожара.

Величина индивидуального риска *R_m* (год⁻¹) для работника *m* при его нахождении в здании объекта, обусловленная опасностью пожаров в здании, определяется по формуле:

$$R_m = \sum_{i=1}^N P_i \cdot q_{im},$$

где *P_i* - величина потенциального риска в *i*-ом помещении здания, год⁻¹; *q_{im}* - вероятность присутствия работника *m* в *i*-ом помещении; *N* - число помещений в здании, сооружении и строении.

В результате проведенного расчета определено, что вероятность эвакуации людей, находящихся в *i*-ом помещении здания, при реализации *j*-го сценария пожара равна 0,031, условная вероятность поражения человека равна 0,97; потенциальный риск в отдельном *i*-ом помещении при реализации *j*-го сценария пожара составляет 2,3Е-003 год⁻¹.

Библиографический список

1. **Методика** определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. приказом МЧС № 404 от 10.07.2009, с изменениями утвержденными приказом МЧС № 649 от 14.12.2010).
2. **Методика** определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (утв. приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009 с изменениями утв. приказом МЧС России №749 от 12.12.2011).

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

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРЕБУЕМОГО ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

Одной из самых важных задач обеспечения пожарной безопасности на предприятии является предупреждение и предотвращение пожара. Но если пожар возник, то главным мероприятием становится безопасная эвакуация людей из здания. От подготовленности персонала и точности действий при проведении эвакуации зависят жизни людей. Большинство разработанных требований и законов по безопасности стали следствием анализа многих чрезвычайных ситуаций, с которыми пришлось столкнуться человеку в процессе своей жизнедеятельности.

В ходе исследования выполняется расчёт времени эвакуации для работников в литейном цехе. На плане размещения помещений здания цеха намечаются возможные пути эвакуации, определяется необходимость дополнительных эвакуационных выходов. Далее рассчитывается время эвакуации на отдельных участках и в целом:

$$t_p = t_1 + t_2 + \dots + t_i, \text{ мин,}$$

где t_1 – время движения людского потока на первом (начальном) участке, мин; t_2, t_i – время движения людского потока на каждом из следующих после первого участка пути, мин;

Скорость движения v определяется по безразмерному коэффициенту D :

$$D = \frac{N \cdot f}{\Delta \cdot l},$$

где N – количество людей, эвакуируемых на данном участке; f – площадь горизонтальной проекции человека, Δ – ширина соответствующего участка; l – длина соответствующего участка.

В результате расчета должно быть выполнено условие

$$t_{\text{расч}} = t_{\text{необх.}}$$

В своей работе я хочу показать, что умение эвакуироваться является одной из составляющих, которые могут спасти жизнь человеку.

Библиографический список

1. **Приказ МЧС** от 10.07.2009 г. № 404 "Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах". – СПС Гарант, 2010.

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

О ВЛИЯНИИ СУММАЦИИ ВРЕДНОГО ДЕЙСТВИЯ ВЕЩЕСТВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ВОДОЕМОВ

Воздействие вредных веществ с одинаковыми лимитирующими показателями вредности (ЛПВ) и классами опасности (K_o) I или II суммируются [1].

Выполнено расчетное исследование для оценки степени влияния суммации вредного действия трех веществ на величину предельно допустимого расхода сточных вод $V_{\text{св.нд}}$, м³/с, сбрасываемых в водоем. Для веществ задавались 8 различных сочетаний видов ЛПВ и K_o .

Расчеты (табл) относительных концентраций веществ и их сумм для веществ, обладающих суммацией вредного действия (СВД), величин $V_{\text{св.нд}}$ выполнены по методике и программам [2, 3].

Таблица. Варианты заданий для определения нормативного (предельно допустимого) расхода $V_{\text{св.нд}}$ сточных вод для трех веществ

№	1-вещество		2-вещество		3-вещество		$V_{\text{св.нд}}$
	ЛПВ	K_o	ЛПВ	K_o	ЛПВ	K_o	
1	С-т.	2	Орг	2	Общ	2	0,177
2	С-т.	2	С-т.	3	Общ	2	0,177
3	С-т.	2	Общ	3	Общ	2	0,177
4	Орг	3	Орг	2	Общ	3	0,177
5	С-т.	2	С-т.	2	Орг	2	0,124
6	С-т.	2	Общ	3	С-т.	2	1,02
7	Орг	3	Общ	2	Общ	1	0,087
8	Общ	2	Общ	2	Общ	1	0,05

Примечания. С-т – санитарно-токсикологический, Орг – органолептический, Общ. – общесанитарный,

По величинам $V_{\text{св.нд}}$ можно сделать следующие выводы: для 3-х веществ без СВД $V_{\text{св.нд}}=0,177$ (варианты 1-4), при наличии в сточной воде 2-х веществ с СВД для, а для 3-х веществ с СВД $V_{\text{св.нд}}$ снижается в 3,5 раза (вариант8). Таким образом, при учете СВД веществ потребуется существенное снижение расхода сточных вод, что повысит экологическую безопасность водоемов.

Библиографический список

1. СанПиН 2.1.5.980-00 «Водоотведение населённых мест, санитарная охрана водных объектов» [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902083726>
2. Соколов, А.К. Оценка и обеспечение экологической безопасности: учеб.-метод. пособие/ А.К. Соколов; ФГБОУВО "Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина". – Иваново, 2016. – 148 с.
3. Соколов, А.К., Учет суммации вредного действия веществ, сбрасываемых в водоемы производственными объектами / А.К. Соколов // Теплоэнергетика.– 2017. – № 9 – С. 34–40.

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

АНАЛИЗ НОВЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВЫБРОСОВ

Методы оценки допустимости загрязнения атмосферного воздуха, установлены нормативными документами. Анализ документов позволил обнаружить некорректность нормативов и методик расчета.

В ГН 2.1.6.2326-08 [1] установлено, что “1–азот диоксид и 2–сера диоксид обладают частичной суммацией действия, поэтому сумма их относительных концентраций не должна превышать 1.6”

$$\frac{c_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{c_2}{\text{ПДК}_2} \leq O_{\text{пд}}, \quad (1)$$

где $O_{\text{пд}} = 1,6$.

В статье [2] предложены рекомендации по коррекции требований, установленных ГН 2.1.6.2326-08 [1].

ГН 2.1.6.2326-08 был отменен, однако некорректное условие «перекевало» в новый норматив ГН 2.1.6.3492-17 [3].

В 1917 г была утверждена новая методика расчетов рассеивания выбросов вредных веществ [3], которая отменила ОНД-86. В методику [3] оказались не включены методы решения предельно допустимых выбросов. Минприроды России подготовлен проект Приказа (08.08.2018) "Об утверждении методов определения нормативов предельно допустимых выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух", который не учитывает условие пока еще действующее условие (1).

Библиографический список

1. **ГН 2.1.6.2326-08** “Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест” дополнение N 4 к ГН 2.1.6.1338-03. от 04 февраля 2008 г. № 6 [Электронный ресурс]:– Режим доступа: http://standartgost.ru/g/ГН_2.1.6.2326-08.1.
2. **Соколов А.К.** Анализ условия частичной суммации вредного воздействия газов SO₂ и NO₂ при нормировании выбросов/ Теплоэнергетика, 2017, № 12, с. 78-81.
3. **ГН 2.1.6.3492-17** "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений" (с изменениями на 31 мая 2018 года) [Электронный ресурс], ресурс доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_287450/
4. **Приказ** Минприроды России от 06.06.2017 №273 "Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе". [Электронный ресурс]:– Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71642906/>
5. **Проект Приказа** Министерства природных ресурсов и экологии РФ "Об утверждении методов определения нормативов предельно допустимых выбросов вредных (загрязняющих) веществ (за исключением радиоактивных веществ) в атмосферный воздух" (подготовлен Минприроды России 08.08.2018)

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

О НОРМИРОВАНИИ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ВОДОЕМАХ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Экологическое благополучие водоёмов зависит от показателей качества воды в водоёме, которые должны соответствовать нормам. В соответствии с СанПиН 2.1.5.980-00 [1] требования к качеству воды зависят от назначения и категории (для нужд населения и для рыбохозяйственных целей). Общие требования к составу и свойствам воды водоемов установлены [2, 3]. В них приведены не только предельные значения параметров, но и величины предельных превышений параметров по сравнению с естественными условиями. В докладе перечислены условия [2, 3], запрещающие сброс сточных вод.

Качество воды оценивается по гигиеническим нормам в контрольных створах водоемов по ПДК или ОДУ. При этом следует учитывать класс опасности и лимитирующий показатель вредности (ЛПВ) вещества, а также возможную суммацию вредного действия веществ. Показатели качества воды приведены в Гигиенических нормативах.

Система законодательства постоянно меняется. В докладе проводятся результаты анализа изменений в нормативных документах [1, 2, 3 и др.] за последние годы.

Например, в СанПиН 2.1.5-980-00 добавлено требование (п. 4.1.2) о недопущении сброса промышленных, сельскохозяйственных, городских сточных вод, а также организованный сброс ливневых сточных вод в пределах первого пояса зон санитарной охраны источников хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Библиографический список

1. СанПиН 2.1.5.980-00 «Водоотведение населённых мест, санитарная охрана водных объектов» [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902083726>
2. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей (с изменениями на 31 июля 2018 года). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902083726>
3. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ № 552 от 13 декабря 2016 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201701160006>

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

УТИЛИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В Г. ИВАНОВО

Проблема сбора и утилизации отходов актуальна для всех городов мира. Несвоевременное и неправильное и обезвреживание отходов приводит к серьезному загрязнению – это грубая механическая смесь разнообразных материалов и гниющих продуктов с разнообразными физическим, химическим и механическим свойствами и размерами.

Методами переработки отходов являются: промежуточное хранение отходов, сортировка, компостирование, термический метод, вторичная переработка, брикетирование, захоронение.

В некоторых странах перерабатывается до 99% всех отходов путем сортировки, вторичной переработки или сжигания и превращения в энергию для своих нужд..

Проблема экологичной и законной утилизации в нашей стране до сих пор практически не решалась. Не менее 40% от всего накопившегося в стране мусора представляет собой ценное вторичное сырье, но в переработку поступает всего лишь около 7-8% бытовых отходов, а остальное вывозится на полигоны.

В Ивановской области огромная часть собираемых отходов поступает на захоронение. Большинство полигонов переполнены.

Согласно планам на 2016-2031 гг. в Ивановской области приоритетным станет максимальное использование переработки отходов.

Основу структуры будут составлять:

- три мусоросортировочных завода;
- три межмуниципальных полигона размещения ТКО;
- 13 мусороперегрузочных станций [1].

Региональные операторы будут отвечать за вывоз ТБО, обезвреживание, захоронение, транспортировку и сбыт мусора [2].

С 2019 г. жители г. Иваново будут платить за вывоз мусора 88 руб./чел. (Москва – 90, Санкт-Петербург - 85,38 руб./чел.).

Библиографический список

1. Ивановская область теперь будет обращаться с отходами по схеме [Электронный ресурс]//www.1000inf.ru [сайт] URL: <http://www.1000inf.ru/news/last-news/64056/> (дата обращения 27.12.2018)
2. Новый платеж за ЖКХ за вывоз мусора внезапно [Электронный ресурс]//www.ya-v-kurse.ru [сайт] URL:<http://ya-v-kurse.ru/info/novyyj-platezh-za-zhkh-za-vyvoz-musora-vnezapno/> (дата обращения 30.12.2018)

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

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРИ УЧЕТЕ ЧАСТИЧНОЙ СУММАЦИИ ВРЕДНОГО ДЕЙ- СТВИЯ ГАЗОВ SO₂ И NO₂

Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 4 февраля 2008 г. № 6, утвердившего гигиенических норматив ГН 2.1.6.2326-08 [1], было установлено, что при совместном присутствии в атмосферном воздухе газы с номерами 1 (сера диоксид) и 2 (азот диоксид) обладают частичной суммацией действия, а сумма их относительных концентраций не должна превышать $O_{\text{пд}} = 1,6$:

$$\frac{c_{\text{м},1} + c_{\text{ф}1}}{\text{ПДК}_1} + \frac{c_{\text{м},2} + c_{\text{ф}2}}{\text{ПДК}_2} \leq O_{\text{пд}}, \quad (1)$$

где $c_{\text{м}}$ – максимально возможная разовая концентрация вещества в контрольной точке приземного слоя воздуха от оцениваемого источника выбросов; $c_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация этого вещества; ПДК – разовая предельно допустимая концентрация вещества. Установленное ГН 2.1.6.2326-08 [1] условие (1) повышает уровень безопасного загрязнения атмосферного воздуха (допускает более высокое загрязнение воздуха). В работе [2] предложено отменить условие (1) или записать его другом виде. Пока это предложение [2] не принято.

Расчеты, выполненные в работе, позволили оценить неблагоприятные экологические последствия при учете частичной суммации вредного действия газов SO₂ и NO₂.

Например, при $c_{\text{ф},1} = c_{\text{ф},2} = 0$ и $c_{\text{м},1} = 0,6$, $c_{\text{м},2} = 0,08$, $\text{ПДК}_1 = 0,5$, $\text{ПДК}_2 = 0,2$ на пределе будет выполняться и условие (1)

$$0,6 / 0,5 + 0,08 / 0,2 \leq 1,6 \text{ или } 0,8 + 0,8 \leq 1,6.$$

Однако концентрация газа SO₂ в этом случае будет недопустимой, так как $c_1 > \text{ПДК}_1$ ($0,6 > 0,5$), что противоречит определению ПДК.

В работе показано, что условие (1) позволяет увеличить предельно допустимый суммарный выброс и газов SO₂ и NO₂ на 55% и уменьшить минимально допустимую высоту трубы на 61%.

Библиографический список

1. ГН 2.1.6.2326-08. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Дополнение N 4 к ГН 2.1.6.1338-03. № 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://standartgost.ru/g/ГН_2.1.6.2326-08
2. Соколов, А.К. Анализ условия частичной суммации вредного воздействия газов SO₂ и NO₂ при нормировании выбросов / А.К. Соколов // Теплоэнергетика. – 2017. – № 12. – С. 78–81.

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОЕКТОВ

Процедура определения стоимости экологической экспертизы проектов регламентирована Приказами Минприроды России [1] и Ростехнадзора [2].

Расходы N на проведение государственной экологической экспертизы определяются по формуле [1]:

$$N = L + L_k + (L \times 50\%), \quad (1)$$

где L – основные расходы на проведение государственной экологической экспертизы; L_k – компенсация затрат, связанных с выездом внештатных экспертов на место реализации объекта экспертизы; $L \times 50\%$ – прочие накладные расходы на проведение государственной экологической экспертизы (прочие накладные расходы составляют 50% к основным расходам). Основные расходы L определяются по формуле [2]:

$$L = \sum_1^n TЗ_i \cdot \Phi_i + \sum_1^j TЗ_{\text{инп}} \cdot \Phi_{\text{инп}} + \sum_1^n TЗ_{\text{зас}} \cdot \Phi_{\text{зас}}, \quad (2)$$

где $TЗ$ – стоимости трудозатрат 1 чел/часа членов экспертной комиссии, научно-технического персонала и заседания с учетом всех компенсационных и стимулирующих выплат, выплачиваемых в соответствии с законодательством Российской Федерации, рублей; Φ – продолжительности проведения соответствующих заседаний экспертной комиссии, час (подробнее см. [2]).

В работе выполнен расчет стоимости государственной экологической экспертизы проекта из 150 страниц, в которой участвовали: председатель, его заместитель, 3 эксперта и научно-технический персонал. Было проведено 2 заседания экспертной комиссии. Расходы, связанные с выездом внештатных экспертов приняты равными нулю.

Стоимость основных расходов на проведение экспертизы составила 242777 руб, а полная стоимость с учетом накладных расходов составила 364 165 руб.

Библиографический список

1. Приказ Минприроды России от 12.05.2014 N 205 "Об утверждении Порядка определения сметы расходов на проведение государственной экологической экспертизы". [Электронный ресурс]:– Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164136/
2. Приказ Ростехнадзора 14.02.2012 N 97 Об утверждении Методики определения размера платы за оказание услуги по экспертизе промышленной безопасности. [Электронный ресурс]:– Режим доступа: <https://tk-servis.ru/uploads/files/ntd-20160127-085141.pdf>

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

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЕ В КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОМ ЦЕХЕ

Проблема безопасности техногенной деятельности при её анализе сводится к последовательному решению комплекса задач, в том числе актуальной задачи идентификации.

Идентификация стохастических воздействий заключается в отождествлении названия разновидности технетического вещества или технетической энергии, которой обладают элементарные компоненты системы, с техногенным происшествием, наименованием воздействия и его показателями. Идентификация проводится с применением созданного на кафедре БЖД и развиваемого системнологического метода.

Объектом идентификации техногенных воздействий является система газопотребления кузнечно-прессового цеха, которая имеет в своём составе: газопровод-ввод; внутрицеховой газопровод; газорегуляторное устройство, подающее газ к проходным термическим печам; газорегуляторное устройство, передающее газ к двухкамерным, однокамерным и щелевым печам; обвязочные газопроводы печей.

Пример результатов идентификации стохастических техногенных воздействий представлен в табл.

Таблица. Результаты идентификации стохастических воздействий

Вещество или энергия	Техногенное происшествие	Наименование воздействия	Системнологический номер источника воздействия	Показатели воздействия
Природный газ	Разгерметизация газопровода-ввода	Ингаляционное	1.4.1.0	Концентрация природного газа во вдыхаемом воздухе
...	

Название идентифицированного воздействия приобретает следующий вид: «Ингаляционное воздействие воздушного массива кузнечно-прессового цеха с частицами природного газа».

Системнологическая идентификация воздействий, проводимая после декомпозиции [1] и направленная на обнаружение техногенных опасностей, представляется разрабатываемой компьютерной программой.

Библиографический список

1. Карпенко Е.Э., К.В. Чернов. Системнологическое представление технологии газопотребления цеха в целях обнаружения техногенных опасностей // Тепловые и ядерные энерготехнологии: тезисы докл. XIII Междунар конф. «Энергия-2018». – Иваново, – 2018.– Т.2. – С.71.

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

О ВАРИОФИКАЦИИ ВЗРЫВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ЭКСПЛУАТАЦИЮ ГАЗОРЕГУЛЯТОРНОГО ПУНКТА

Проблема безопасности техногенной деятельности при её анализе сводится к последовательному решению комплекса задач, в том числе актуальной задачи вариофикации. Вариофикация техногенных воздействий проводится с применением созданного на кафедре БЖД и развиваемого системнологического метода.

Вариофикация техногенных воздействий заключается в обнаружении и раскрытии детерминированных и стохастических процессов, инициируемых и перемежаемых событиями, совокупная последовательность которых приводит к возникновению техногенного происшествия, вызывающего воздействия послекритического уровня [1].

Объектом вариофикации техногенных воздействий является газорегуляторный пункт, посредством которого регулируется давление природного газа, подаваемого в газопроводы потребителей.

Блочный газорегуляторный пункт ПГБ-400 оборудован одной линией редуцирования и байпасом, узлом учета расхода газа и обогревателем. Назначение ПГБ-400 – редуцирование давления природного газа, автоматическое поддержание необходимого уровня выходного давления, блокировка подачи газа при критическом изменении заданного уровня давления, коммерческий учет расхода газа.

Техногенное происшествие, приводящее к взрывным воздействиям, – это инициирование взрыва газозвоздушной смеси, образовавшейся в помещении блочного ГРП. Техногенное происшествие является стохастическим событием, завершающим предваряющие процессы. Относительно предваряющих процессов указывается условие совместного или отдельного участия их в происшествии. Предваряющим процессам предшествуют цепи процессов и событий. За техногенным происшествием следуют цепи процессов воздействия.

Системнологическая вариофикация техногенных воздействий приводит к составлению графа, называемого деревом причин и последствий, посредством которого можно отыскивать опасные сочетания процессов и событий, приводящие к взрывным воздействиям.

Библиографический список

1. Чернов К.В. Исследование проблемы безопасности посредством вариофикационной модели причин и последствий // Состояние и перспективы развития электротехнологии. XVI Бенардосовские чтения: Тез. докл. международной науч.-техн. конф. – Иваново: ИГЭУ, 2011. – С. 298-301.

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

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ПОДСТАНЦИИ

Анализ проблемы безопасности техногенной деятельности сопровождается выделением наряду с другими актуальной задачи идентификации. Идентификация техногенных воздействий проводится с применением созданного на кафедре БЖД и развиваемого системнологического метода.

Идентификация техногенных детерминированных воздействий заключается в отождествлении названия разновидности технетического вещества или технетической энергии, которой обладают элементарные компоненты системы, с источником воздействия, наименованием и показателями воздействия.

Объектом идентификации техногенных воздействий является подстанция ПС 110/10 кВ, принимающая мощность напряжением 110 кВ, трансформирующая электрическую энергию и передающая мощность напряжением 10 кВ потребителям.

Пример результатов идентификации детерминированных техногенных воздействий представлен в табл.

Таблица. Результаты идентификации детерминированных воздействий

Вещество или энергия	Наименование воздействия	Системнологический номер	Показатели воздействия
Частицы масла	Ингаляционное	1.1.8.1.0	Концентрация масла во вдыхаемом воздухе
Энергия инфракрасного излучения	Воздействие инфракрасного излучения	14.1.8.1.0	Температура излучающей поверхности
...

Название одного из идентифицированных детерминированных воздействий принимает следующий вид: «Ингаляционное воздействие воздушного массива помещения секции ЗРУ с частицами масла».

Системнологическая идентификация воздействий, проводимая после декомпозиции [1] и направленная на обнаружение техногенных опасностей, воплощается в разрабатываемой компьютерной программе.

Библиографический список

1. Синецкина Л.С., К.В. Чернов. Системнологическое представление технологии преобразования электрической энергии на подстанции в целях обнаружения техногенных опасностей // Тепловые и ядерные энерготехнологии: тезисы докл. XIII Междунар конф. «Энергия-2018» – Иваново, – 2018.– Т.2. – С.72.

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

О ВАРИОФИКАЦИИ ВЗРЫВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ПРИМЕНЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ГАЗОСВАРОЧНОГО ПОСТА

Анализ проблемы безопасности техногенной деятельности сопровождается выделением наряду с другими актуальной задачи вариофикации. Вариофикация техногенных воздействий проводится с применением созданного на кафедре БЖД и развиваемого системнологического метода.

Вариофикация техногенных воздействий заключается в обнаружении и раскрытии детерминированных и стохастических процессов, инициируемых и перемежаемых событиями, совокупная последовательность которых приводит к возникновению техногенного происшествия, вызывающего воздействия послекритического уровня [1].

Объектом вариофикации техногенных воздействий являются сосуды газосварочного комплекта, в которых находится вещества под избыточным давлением.

Газосварочный комплект ПГУ-40П предназначен для ручной сварки и пайки металлов, резки углеродистых и легированных сталей и других видов газопламенной обработки металлов с применением пропанкислородного пламени. Газосварочный пост применяется в местах, где не имеется стационарных источников горючего газа. В составе комплекта имеются пропановый (50 л) и кислородный (40 л) баллоны.

Техногенное происшествие, приводящее к взрывным воздействиям, – это быстрая разгерметизация газовых баллонов с образованием ударной волны. Техногенное происшествие является стохастическим событием, завершающим предваряющие процессы. Относительно предваряющих процессов указывается условие совместного или отдельного участия их в происшествии. Предваряющим процессам предшествуют цепи процессов и событий. За техногенным происшествием следуют цепи процессов воздействия.

Системнологическая вариофикация техногенных воздействий приводит к составлению графа, называемого деревом причин и последствий, посредством которого можно отыскивать опасные сочетания процессов и событий, приводящие к взрывным воздействиям.

Библиографический список

1. Чернов К.В. Исследование проблемы безопасности посредством вариофикационной модели причин и последствий // Состояние и перспективы развития электротехнологии. XVI Бенардосовские чтения: Тез. докл. международной науч.-техн. конф. – Иваново: ИГЭУ, 2011. – С. 298-301.

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

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СОВРЕМЕННОГО ЧЕЛОВЕКА

С самого зарождения жизни на нашей планете существовал электромагнитный фон, источниками которого были космическое излучение, постоянное магнитное поле Земли, электрические процессы в атмосфере. Однако, в связи с расширением использования в производстве и в быту электричества как энергоносителя, появилось огромное количество техногенных источников электромагнитного излучения (ЭМИ) всего спектра частот так, что стало возможным говорить об «электромагнитном загрязнении» окружающей среды. При этом скорость появления новых источников ЭМИ и увеличения интенсивности их воздействия в ряде случаев превышают адаптационные возможности организма человека. Это приводит как к росту неспецифической, так и к появлению специфической патологии [1].

В докладе подробно рассмотрены механизмы воздействия на организм человека электромагнитных полей (ЭМП) всего спектра частот и большинства наиболее распространенных источников ЭМП [2, 3]. Показано, что они оказывают неблагоприятное воздействие практически на все системы и органы человека. Установлено, что значительный вред здоровью могут нанести бытовые электроприборы и электронные устройства, поскольку в повседневной жизни люди их широко используют и они, в большинстве случаев, находятся рядом с нами. Проанализированы последствия воздействия наиболее популярных электронных устройств [4].

Приведены данные о предельно допустимых параметрах электромагнитных устройств различных частот.

Библиографический список

1. Осетров Г.В. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие. – М.: Книжный мир, 2011 – 232 с.
2. «Электромагнитное излучение» [Электронный ресурс] <https://ru.wikipedia.org> [сайт] (дата обращения 27.12.2018).
3. «Электромагнитное излучение и ваше здоровье» [Электронный ресурс] <http://medtox.net> [сайт] URL: <http://medtox.net/elektromagnitnoe-izluchenie/elektromagnitnoe-izluchenie-i-vashe-zdorove> (дата обращения 27.12.2018).
4. «Излучение от компьютера» [Электронный ресурс] <http://simptom.net> [сайт] URL: <http://simptom.net/articles/izluchenie-ot-kompyutera-kogda-nachinat-boyatsya> (дата обращения 27.12.2018).

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

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА РАБОТНИКОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРОФЕССИЙ

Труд в современном автоматизированном и механизированном производстве требует повышенного внимания к безопасности работника в производственных условиях. Одним из инструментов обеспечения безопасности труда является деятельность по уменьшению индивидуального профессионального риска (ПР). Профессиональный риск – это вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору.

В данной работе предпринята попытка разработки методики оценки профессионального риска работников. Полученная информация должна в последующем использоваться в системе управления профессиональным риском с целью его уменьшения. Разработанная методика включает в себя следующие этапы: изучение условий труда и состояния оборудования на предмет их соответствия государственным нормативным требованиям; получение количественной оценки профессионального риска; изучение результатов периодических медицинских осмотров на предмет выявления специфических симптомов или профессиональных заболеваний, анализ травматизма с целью установления связи с состоянием оборудования. В работе подробно рассмотрен алгоритм действий на каждом этапе. Данная информация является исходной для принятия решений по уменьшению профессионального риска. В реальной ситуации данная методика реализуется на предприятии или в виде локального нормативного акта или в виде стандарта предприятия.

Результатом оценки ПР является количественная оценка степени риска ущерба для здоровья работников от действия вредных и опасных факторов рабочей среды и трудовой деятельности по вероятности нарушений здоровья с учетом их тяжести.

Библиографический список

1. ГОСТ 12.0.230-2007 ССБТ. Системы управления охраной труда. Общие требования.
2. Р 2.2.1766-03. 2.2. Гигиена труда. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 24.06.2003).

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

ВЛИЯНИЕ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ НА ЧЕЛОВЕКА

Свет является необходимым условием существования человека. Он влияет на состояние высших психических функций и физиологические процессы в организме. Важно создавать освещение, которое будет соответствовать выполняемой работе.

Актуальность работы заключается в необходимости санитарно-гигиенической оценки источников света, появившихся в последнее время.

Цель работы: всестороннее изучение влияния освещения на орган зрения и организм в целом.

Глаза человека – это сложнейшая оптическая система, состоящая из множества функциональных элементов. Благодаря их слаженной работе мы воспринимаем 90 % поступающей информации [1, 2].

Постоянное или систематически длительное пребывание в рабочей зоне, имеющей отклонения от нормативных показателей световой среды, оказывает вредное воздействие на работоспособность и здоровье человека, способствуя развитию различных заболеваний [3].

В работе рассмотрены физиологические процессы, приводящие к формированию зрительного ощущения, факторы, влияющие на нарушение нормального функционирования зрительного анализатора, в том числе и связанные с появлением на рынке новых источников света. Проанализировано влияние на человека цветового решения окружающей обстановки [4]. Показана значимость правильного выбора спектрального состава искусственного освещения в производственных помещениях [5].

Библиографический список

1. **Гуторов М.М.** Основы светотехники и источника света. Учебное пособие для вузов. М., «Энергия», 1968.
2. **Справочная книга по светотехнике** / Под ред. Б. Айзенберга. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 528 с.
3. «Влияние параметров световой среды на здоровье и работоспособность человека» [Электронный ресурс] <http://helpiks.org> [сайт] URL: <https://helpiks.org/1-35423.html> (дата обращения 11.12.2018).
4. **Романова Н.Р.** Психология безопасности: Учебное пособие / ФГБОУВ-ПО «Ивановский государственный энергетический универси-тет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2013. - 248 с.
5. **Островский М. А.** Молекулярные механизмы повреждающего действия света на структуры глаза и системы защиты от такого повреждения. /Успехи биологической химии. – 2005. – Т. 45, с. 173÷204.

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

ПРОГРАММА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ

Согласно статье 32 [1] производственный контроль – это контроль соблюдения санитарных норм и правил, гигиенических нормативов и выполнения санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.

Целью производственного контроля является обеспечение безопасности для человека и среды его обитания, путем выполнения санитарных норм и правил, санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий, а также организации и осуществления контроля их соблюдения.

Целью настоящей работы является разработка программы производственного контроля физических и химических факторов, характеризующих условия труда на рабочих местах. Разработанная программа включает в себя:

- перечень физических и химических факторов, подлежащих производственному контролю;

- перечень методик инструментальных замеров физических величин, количественно характеризующих указанные физические и химические факторы; указанные методики разработаны на основании [2] с учетом реальной ситуации на конкретных рабочих местах;

- периодичность проведения инструментальных замеров физических величин, количественно характеризующих указанные физические и химические факторы;

- порядок использования результатов производственного контроля.

Инструментальные замеры физических величин, количественно характеризующих указанные физические и химические факторы должны производиться только приборами прошедшими государственную поверку. Результаты производственного контроля могут использоваться и при принятии решений по улучшению условий труда на рабочих местах, и в рамках системы управления профессиональным риском, и при проведении специальной оценки условий труда.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 30.03.1999 N 52-ФЗ (ред. от 03.08.2018) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (с изм. и доп., вступ. в силу с 21.10.2018)
2. САНПИН 2.2.4.3359-16 «САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ФИЗИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ»

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

ОБУЧЕНИЕ И ПРОВЕРКА ЗНАНИЙ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

Наличие знаний и навыков в области охраны труда (ОТ) является необходимым условием обеспечения безопасности труда для всех категорий работников. Работники не прошедшие обучение и проверку знаний по ОТ отстраняются от работы работодателем (ст. 76 ТК РФ).

В существующий порядок обучения по ОТ [1] предполагается внести ряд новшеств. Проект нового порядка обучения по ОТ и проверки знаний требований ОТ работников организаций в настоящее время проходит публичное обсуждение [2]. В проекте нового порядка обучения по ОТ перечислены категории работников, которые подлежат обучению в обучающих организациях. Периодичность обучения для них должна составлять не реже одного раза в пять лет. Согласно действующему порядку [1] – не реже одного раза в три года. Использование возможностей дистанционных образовательных технологий в процессе обучения также прописано в проекте нового порядка. В частности, предусматриваются возможности прохождения обучения посредством интернет-конференций и вебинаров. Проверка знаний по ОТ для ряда категорий работников предполагается в виде централизованного компьютерного тестирования при непосредственном присутствии работника. Предполагается что удостоверение, выданное по итогам успешного тестирования, будет действовать до окончания его срока. Виды инструктажей в проекте оставлены прежними, но в приложениях к нему приведены перечни соответствующих вопросов.

В результате проведенного анализа существующих систем дистанционного обучения для обеспечения процесса обучения и проверки знаний по ОТ в организации может быть применена система «Moodle». На кафедре БЖД ИГЭУ разрабатывается курс дистанционного обучения по ОТ, включающий перечни вопросов из проекта нового порядка.

Библиографический список

1. Постановление Минтруда России, Минобразования России от 13.01.2003 N 1/29 (ред. от 30.11.2016) «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций».
2. Проект Порядка обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда работников организаций [Электронный ресурс]: Федеральный портал проектов нормативных правовых актов – Режим доступа: <https://regulation.gov.ru/projects#npa=79396>.

*Т.С. Васильченко, студ.; С.А. Безкровная, студ.;
рук. Ю.Ю. Рогожников, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ПОЖАРА ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЯ

Предупреждение возникновения пожаров внутри помещений базируется на заблаговременном выполнении соответствующих мероприятий безопасности. Перечень рекомендаций по предотвращению пожаров может уточняться благодаря своевременному их прогнозированию. Этапом прогнозирования является оценка пожарного риска, т.е. возможности реализации пожарной опасности внутри помещения и её последствий для людей и материальных ценностей.

При расчёте пожарного риска определяется критическое время по каждому из опасных факторов пожара (ОФП): повышенной температуре, потере видимости, пониженному содержанию кислорода, токсичным продуктам горения, тепловому потоку.

Эвакуация людей из помещения должна осуществляться до момента достижения ОФП недопустимых значений.

Для расчета временных показателей эвакуации и величин пожарного риска на рынке представлен целый ряд программных продуктов, среди которых можно отметить следующие отечественные разработки: «Fenix+», «PyroSim», «Pathfinder», «FireRisk», «Фогард клиент», «Urban» и др.

Сравнение программных комплексов проводилось по следующим критериям: возможности расчетов времени эвакуации, времени блокирования путей эвакуации; расчет пожарного риска; оценка вероятности травмы или гибели людей при пожаре; реализации моделей движения людей; реализации полевой модели пожара; возможности 3D моделирования; доступности (стоимости).

Сравнительный анализ программных комплексов выявил достоинства и недостатки каждой из них. В частности, для расчета пожарного риска применялась программа «Fenix+ 2», которая оперирует понятием сценария пожара. В рамках проекта создавалось несколько сценариев развития пожара, моделировалась эвакуация людей из помещений здания, развитие пожара внутри помещений и рассчитывался пожарный риск.

Для помещений здания, в которых величина индивидуального пожарного риска оказывалась больше нормируемого (10^{-6} год⁻¹) разрабатывались рекомендации по реализации мероприятий направленных на предотвращение возникновения и развития пожара в помещении.

СЕКЦИЯ 12
МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ

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

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

*К.Е. Орлов студ.; рук. Е.М. Толмачёв, уч. степень (д.т.н)
уч. звание (проф)
(УрФУ, Екатеринбург)*

Расчёт частотного спектра резонансного поглощения СВЧ излучения водой

Структура воды состоит в основном из мономолекул, димеров и тетраэдров. Логично предположить, что разрушение этих ассоциатов произойдёт при частотах колебаний воды, близких или равных резонансной частоте колебания. Этот эффект приведёт к тому, что вода будет иметь температуру плавления -100°C и температуру кипения -80°C [1].

С учётом распределения Больцмана колебательной кинетической энергии гармонического осциллятора получим выражения для частоты.

$$\nu = \frac{3}{2 \cdot a} \cdot \left(\frac{k \cdot T}{\pi \cdot m} \right)^{0,5} \quad (1)$$

$$a = 2 \cdot \alpha \cdot T \quad (2)$$

где, a – средняя амплитуда колебаний, Å ; m – приведённая масса колеблющейся частицы, g ; k – постоянная Больцмана, Дж/К; T – абсолютная температура, К; α – коэффициент линейного расширения жидкости; $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/с.

Результаты расчётов сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Значения амплитуд колебаний, резонансных частот и длин волн от температуры воды.

T, °K	Молекула H ₂ O, R = 2,319 Å			(H ₂ O) ₂ , R = 4,638 Å			(H ₂ O) ₄ R = 3,34 Å		
	a, Å	$\nu, 10^{10}$ Гц	λ , см	a, Å	$\nu, 10^{10}$ Гц	λ , см	a, Å	$\nu, 10^{10}$ Гц	λ , см
293	1,172	8,381	0,357	2,93	2,378	1,262	1,054	4,671	0,642
313	3,756	2,702	1,1	6,76	1,065	2,817	5,258	0,964	3,112
333	8,658	1,21	2,479	16,65	0,446	6,72	12,387	0,4242	7,072
353	15,814	0,682	4,397	30,558	0,250	12	22,309	0,242	12,39

Библиографический список

1. М.Х. Карапетьянц, С.И. Дракин. Общая неорганическая химия. Издание 2-е, переработанное и доп. -М.: Химия, 1992, 592 с.

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

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОЛИПОРФИРИНОВЫХ ПЛЕНОК

Порфирины и порфириновые материалы привлекают внимание благодаря перспективам их применения в молекулярной фотонике, электронике и оптоэлектронике [1], системах преобразования лучистой энергии, топливных элементах и датчиках [2, 3]. Один из доступных подходов к получению материалов на основе порфиринов предполагает инициирование их полимеризации с помощью электрохимического процесса. Настоящее исследование посвящено электрохимическому осаждению пленок (гидроксифенил) порфиринов и их свойствам.

Пленки на основе порфиринов были получены на Pt, стеклоуглероде или ИТО рабочем электроде из 10–3 М растворов порфирина в диметилсульфоксиде или водной среде с использованием потенциостатических или потенциодинамических режимов. Механизм влияния растворенного кислорода на формирование пленок был предложен и подтвержден ИК спектрометрическим исследованием. Показано влияние структуры порфирина-прекурсора и условий осаждения пленки на полупроводниковые свойства полученного материала. Определена величина фотоэлектрического отклика полученных пленочных материалов. Рассмотрены возможные подходы к применению полученных пленок в качестве фотоэлектрокаталитических материалов.

Библиографический список

1. **Jurow M. Schuckman A.E., Batteas J.D., Drain C.M.** Coord. Chem. Rev. 254 (2010) 2297-2310.
2. **Natale C.Di, Monti D., Paolesse R.** Mat. Today 13 (2010) 46-52.
3. **Ma Z.-F., Xie X.-Y., Ma X.-X., Zhang D.-Y., Ren Q., Heb-Mohr N., Schmidt V.** Electrochem. Commun. 8 (2006) 389-394.

Е.В.Авдеева, И.А.Кочетова, студенты.; рук. Е.А.Крестниковская, преп., И.В.Неверов, доцент (ИГЭУ, ИвПЭЖ, г.Иваново)

ФИЗИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АНТИЧНОСТИ

Считается, что основы теоретического физического знания закладывались в странах Средиземноморья. Фалес, высказавший мысль о том, что все вещи произошли из воды, по сути отказался от мифологического объяснения явлений. Гераклит считал огонь первоосновой всего существующего, Анаксимандр – апейрон, Анаксагор – гомеомерии, Анаксимен – воздух, Эмпедокл – четыре стихии (огонь, воздух, вода и земля). Пифагор внес идею объяснения явлений реальности на основе математической закономерности. Важной является идея пифагорейцев о возможности операций с физическими величинами.

Атомистическая концепция (Левкипп, Демокрит) исходила из признания пустоты и движущихся в ней атомов, признавала принципы сохранения материи. Эпикур привнес в атомистику идею случайного отклонения атомов от закономерных траекторий.

Эпоха эллинизма внесла большой вклад в развитие механики. Архимед, создав теорию рычага, заложил основы статики, дал определение центру тяжести тела, стал основоположником гидростатики.

В эпоху античности рождалась и геометрическая оптика. Евклид опирался на концепцию зрительных лучей. Он геометрически вывел законы перспективы. Евклидом впервые формулируется закон распространения света, являющийся основой геометрической оптики. Архимед в концепцию «лучей зрения» ввел поправки, основанные на влиянии величины зрачка на результат измерения. Герон Александрийский доказал, что при равенстве угла падения и угла отражения сумма длин путей, которые проходит падающий и отраженный лучи является наименьшим расстоянием из всех возможных.

Птолемей описал результаты экспериментов по преломлению света в стекле и воде, сведенные в таблицы, которые были весьма точны для своего времени. Он выявил, что углы падения и отражения света равны, а при преломлении – не равны. Он посчитал угол преломления пропорциональным углу падения. Закон преломления был переоткрыт Снеллиусом в XVII веке.

Библиографический список

1. **Голин Г.М., Филонович С.Р.** Классики физической науки. – М.:1989г.
2. **История физики:** хронология, ученые-физики и их открытия. <http://fb.ru/article/279179/istoriya-fiziki-hronologiya-uchenyie-fiziki-i-ih-otkryitiya>
3. **Лосев А.Ф.** Античный космос и современная наука. – М.:1927г.

Н.С.Морковкин, А.С.Волков, студенты.; рук. Е.А.Крестниковская, преп., И.В.Неверов, доцент (ИГЭУ, ИвПЭК, г.Иваново)
ИССЛЕДОВАНИЕ БРОУНОВСКОГО ДВИЖЕНИЯ

В 1827, проводя исследования пыльцы растений, Р. Броун увидел, что мельчайшие крупинки непрерывно дрожат и передвигаются с места на место. Он установил, что эти движения «не связаны ни с потоками в жидкости, ни с ее испарением, а присущи самим частичкам». Для объяснения броуновского движения выдвигались разные теории, не все из которых предполагали наличие атомов.

При выполнении работы была разработана методика постановки демонстрационного натурального эксперимента по броуновскому движению. Были протестированы несколько препаратов и способы их приготовления. Наиболее часто встречаются эксперименты, по наблюдению броуновского движения, проводимые с: 1) эмульсия канифоли в растворе спирта и воды; 2) молоком; 3) акварельной краской, растворенной в дистиллированной воде; 4) тушью, разведенной в дистиллированной воде. Использовалось несколько микроскопов: микроскоп МБС-9, предназначенный для наблюдения как объемных предметов, так и тонких пленочных и прозрачных объектов, а также микроскоп среднего класса Биолом Ломо, обеспечивающий просмотр объектов в отраженном свете на стекле, гистосрезы и т.д. Наблюдение производилось как при искусственном, так и при естественном освещении в отраженном и проходящем свете. Применялись и иммерсионные методы.

Реализованы следующие задачи: проанализирована литература; проанализированы технологии, учебные программные продукты, демонстрирующие броуновское движение; подобраны материалы и оборудование, для проведения натурального физического эксперимента «Броуновское движение», проделаны эксперименты. Проведено обсуждение и анализ экспериментальных данных.

Библиографический список

1. **Багаев С.Н., Орлов В.А., Панов С.В.** Наблюдение броуновского движения единичных микрообъектов в жидкостях на малых временных и пространственных масштабах \ Доклады академии наук. Физика. - Том 416, № 2 - 2007.
2. **Орлов В.А., Панов С.В., Фомин Ю.Н., Аксенов С.Б.** Физика жидкости, нейтральных и ионизированных газов. Броуновское движение и тепловые флуктуации в жидкости. – Новосибирск: СО РАН – 2008.
3. **Аксенова Е.В., Кшевцевский М.С.** Физический практикум. Вычислительные методы исследования молекулярной динамики. – С.-Пб: 2009.
4. **Управляемое броуновское движение.** – Наука и жизнь, №2. – 2019.
5. **Броуновское движение.** <https://traditio.wiki>.
6. **Эй.** <https://www.proza.ru/2015/01/03/175>.

*А.А. Графчикова, А.А. Загаринская, О.А. Ильина, студ.;
рук. И.П. Игошин, к.ф.-м.н, доц. (ИГЭУ, г.Иваново)*

ИЗМЕРЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ МЕТОДОМ СООБЩАЮЩИХСЯ СОСУДОВ

Предлагаемая экспериментальная установка предназначена для измерений кинематической или динамической вязкости жидкости. Основные элементы установки и их коммутация изображены на Рис.1. Исследуемая жидкость заливается в открытый сверху резервуар 1, из которого она вытекает через мягкую трубку 2, при освобожденном зажиме 3. Далее жидкость проходит через жесткую, калиброванную измерительную трубку (капилляр) 4 и собирается в резервуар 5 (аналогичный резервуару 1). Высота уровня жидкости в резервуаре 1 (относительно уровня жидкости в резервуаре 5 в момент начала отчета времени) измеряется линейкой 6.

Для вычисления кинематической вязкости исследуемой жидкости используется формула, полученная из закона Пуазейля. При выводе этой формулы было учтено уменьшение разности давлений на границах измерительного капилляра с течением времени

$$\nu = \frac{g\pi R^4 t}{8LS \ln \frac{h_0}{h}},$$

где ν – кинематическая вязкость жидкости, g – ускорение свободного падения, R и L – внутренний радиус и длина измерительного капилляра, соответственно, S – площадь поперечного сечения резервуара 4, h_0 – высота уровня жидкости в резервуаре 1 в момент начала отсчета времени, h – высота уровня жидкости в резервуаре 1 в момент времени t .

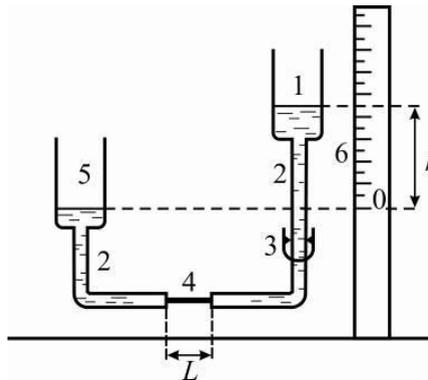


Рис.1. Структурная схема экспериментальной установки

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

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОЙ ПОСТОЯННОЙ

Существующая лабораторная установка для определения величины газовой постоянной состоит из стеклянного сосуда и жидкостного U-образного манометра [1]. Давление в сосуде увеличивается введением небольших порций воздуха при помощи шприца и в сумме не превышает 4000 Па. При постоянной температуре и объеме давление газа p зависит от его массы m линейно $p = bm$. Экспериментальная прямая охватывает диапазон давлений $(1 - 1,04) \cdot 10^5$ Па, составляющий относительно атмосферного давления $\sim 4\%$. Эта прямая должна проходить и через начало координат $p(m)$, но из-за погрешностей определения давления и массы газа направления отрезков прямой экспериментальной и прямой, проведенной от начала координат, не совпадают. Погрешность определения величины газовой постоянной может превышать десять процентов.

Установку усовершенствовали заменой U-образного манометра стрелочным вакуумметром со шкалой от 0 до $2,5 \cdot 10^5$ Па. Измерения производятся следующим образом: сначала с помощью большого шприца из сосуда откачивается воздух до давления 0,05 атмосферного. Затем в сосуд поочередно вводятся шприцем объемом 20 см^3 порции воздуха, набираемые при атмосферном давлении и комнатной температуре. Масса такой порции рассчитывается с использованием плотности воздуха, определяемой в другой лабораторной работе, обе работы выполняются в одно время в одной и той же лаборатории. Тридцать – тридцать пять экспериментальных точек охватывают диапазон давлений $(0,05 - 1) \cdot 10^5$ Па. К ним присоединяется точка начала координат и экспериментальная прямая охватывает все 100% атмосферного давления. Тангенс угла наклона прямой равен коэффициенту b , по его величине рассчитывается газовая постоянная. Погрешность определения газовой постоянной на модифицированной установке существенно уменьшилась.

Библиографический список

1. Дмитриев М.В., Игошин И.П., Комин В.Г. Методические указания к лабораторным работам по термодинамике и молекулярной физике. – Иваново: УИУНЛ ИГЭУ, 2017. – 36 с.

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ГАЗА МЕТОДОМ ВЗВЕШИВАНИЯ

В некоторых лабораторных работах по молекулярной физике возникает необходимость в значении величины плотности атмосферного воздуха при конкретных на время проведения работ давлении, температуры и влажности атмосферы. Не всегда есть возможность учесть влияние этих трех параметров на плотность воздуха, поэтому ее следует измерять. Для этого достаточно знать массу некоторого объема воздуха.

Взвешивание любого газа предполагает наличие сосуда по возможности малой массы и лабораторных весов, на которых его можно взвешивать. Весы с пределом взвешивания двести граммов определили массу сосуда. Изготовленные из полиэтилентерефталата бутылки для газированных напитков вполне подходят для этой цели. В крышке бутылки объемом два литра герметично крепится штуцер, к которому присоединяется пластмассовый вентиль. Масса получившегося сосуда менее ста граммов и выдерживает давление несколько атмосфер. Воздух в него закачивается с помощью градуированного шприца.

Измерения проводятся следующим образом: взвешивают сосуд с открытым вентилем, затем в него закачивают воздух, и его снова взвешивают. Отношение разности двух измеренных масс к объему закачанного воздуха дает его плотность. С ростом давления увеличивается объем сосуда и немного увеличивается выталкивающая сила Архимеда. Изменение объема рассчитывается по изменению диаметра сосуда, которое определяется с помощью тензодатчика. Три метра тонкой прозрачной пластмассовой трубки, наполненной водой, наматывается виток к витку на сосуд и крепится на нем скотчем. С одной стороны трубка закрыта, с другой столб воды доходит до открытого ее конца. С увеличением диаметра сосуда происходит удлинение трубки и соответственно увеличение ее объема, а несжимаемая вода при этом смещается внутрь. Смещение измеряется штангенциркулем и по нему рассчитывается диаметр сосуда, увеличение его объема и приращение силы Архимеда. Оно учитывается при определении массы закачиваемого воздуха.

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

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ОРБИТ КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДАМИ НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКИ

Работа посвящена применению методов небесной механики к исследованию орбит тел Солнечной системы. Небесная механика – это раздел астрономии, в котором применяются законы механики для изучения и вычисления движения небесных тел, а также вызванных этим явлений.

В основе расчётов лежат III закон Кеплера

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

где T_1, T_2 – периоды обращения тел, a_1, a_2 – большие полуоси орбит, и уравнения эллипса в полярных координатах

$$r = \frac{a(1 - e^2)}{1 - e \cos \varphi},$$

где e – эксцентриситет, характеризующий вытянутость орбиты.

Разобраны случаи с движениями:

1. Планет и их спутников;
2. Астероидов;
3. Комет.

Созданы таблицы с информацией, известной в настоящее время о телах Солнечной системы, т. е. в таблице присутствуют тела, которые были открыты совсем недавно и о них мало что известно, например, недавно открытый спутник Юпитера S/2018 J 1.

Предлагается материал о поясе Койпера и облаке Оорта.

Библиографический список

1. Сюняев Р.А. Физика космоса. Маленькая энциклопедия. М: Советская энциклопедия, 1986.
2. Киттель Ч., Найт У., Рудерман М. Механика. М: Наука, 1975.
3. Сурдин В.Г. Вселенная в вопросах и ответах. М: Альпина Нон-Фикшн, 2017. 242с.
4. Рябов Ю.А. Движение небесных тел. М: Наука, 1988.
5. Симоненко А.Н. Астероиды или тернистые пути исследований. М: Наука, 1985.

И.С. Маленкин, Г. Е. Сосновиков, студ.;
рук. Н.Г. Демьянцева, к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)

ВИРТУАЛЬНАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЗАДАЧА

Один из этапов лабораторного практикума по физике – зачет по теоретической части. На данном этапе обучающийся показывает свои знания основных физических законов, явлений, определений физических величин, умение применять эти знания для решения задач, связанных с данной работой, умение объяснять результаты экспериментов и т.д. Внедрение в учебный процесс инновационных методов позволяет проводить этот этап, применяя различные приемы и средства.

Нами было разработано приложение, представляющее собой экспериментальную задачу, которая может использоваться для получения зачета по теории к лабораторной работе по теме «Вращательное движение твердого тела». Для решения поставленной задачи необходимо получить некоторые данные, проведя виртуальный эксперимент. Затем, используя условия задачи, полученные экспериментальные данные, законы динамики вращательного движения твердого тела и определение физических величин, входящих в них, дать ответы на поставленные вопросы. Правильность ответов проверяет программа.

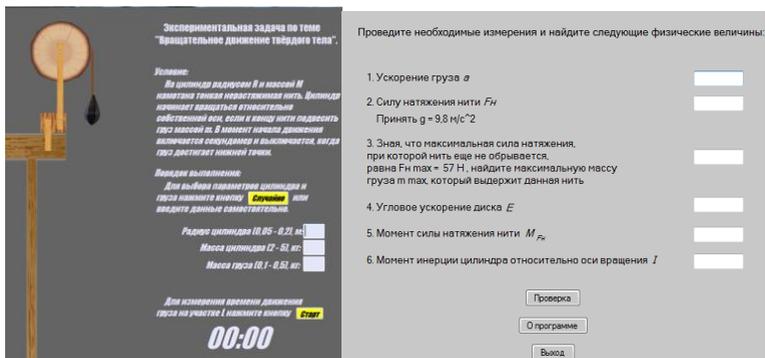


Рис. 1. Внешний вид окон приложения

Данную задачу можно использовать для любого вида контроля по данной теме при условии, что есть возможность использовать компьютер. При создании приложения использовался пакет Microsoft Visual Studio 2017. Интерфейс разработан с помощью платформы .NET с применением технологии Windows Forms.

*И.С. Сахаров, А.А. Карачев, студ.;
рук. Н.Г. Демьянцева, к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)*

ТРЕНАЖЕР К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ ПО ТЕМЕ «ФИЗИЧЕСКИЙ МАЯТНИК»

Данный тренажер можно использовать как для допуска к выполнению лабораторной работы по теме «Физический маятник», так и для проверки умения решать задачи по теме «Динамика вращательного движения твердого тела» на примере гармонических колебаний физического маятника.

Математически было смоделировано движение физического маятника в виде тонкого стержня при разной длине L . Среда разработки C#. Поддерживается на всех версиях ОС Windows.

На первой странице (рис.1) дается условие задачи, инструкция по порядку выполнения действий. Затем предлагается провести наблюдение за колебаниями маятника, посчитать количество колебаний N за время t . Используя условия задачи и найденные значения N и t ответить на поставленные вопросы (рис. 2).

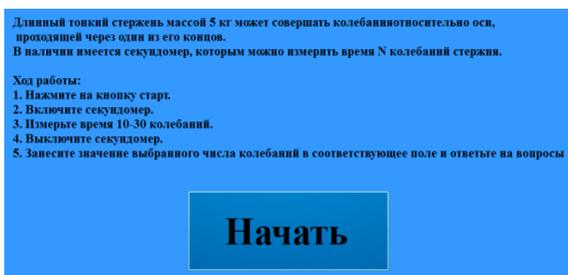


Рис. 1. Скриншот первой страницы тренажера

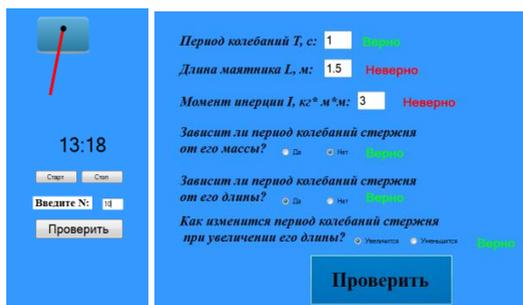


Рис. 2. Скриншот второй и третьей страницы тренажера

*Д.Н. Орлов, студ.; И.А. Корнев, ассистент
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Разработан комплект практических работ, связанных с исследованием волновых процессов, в частности, реализованы модели плоских и плоских стоячих волн, а также модели круговых и круговых стоячих волн, созданных на поверхности воды двумя колеблющимися поплавками (рис. 1). Для реализации моделей использован математический пакет MathCAD, признанный во всем мире одним из наиболее совершенных программных систем, позволяющих решать математические задачи в объеме программы технического вуза.

Практикум оформлен в виде активного отчета, позволяющего задавать параметры волновых процессов и наглядно наблюдать результат. Средства анимации MathCAD позволяют сделать процесс интересным и познавательным. В частности, удастся пронаблюдать явления, которые обычно изучаются лишь в форме математического аппарата.

Разработаны методические указания, находящиеся в процессе редакторской правки. Помимо виртуального практикума в них входит описание работы по исследованию звуковых стоячих волн.

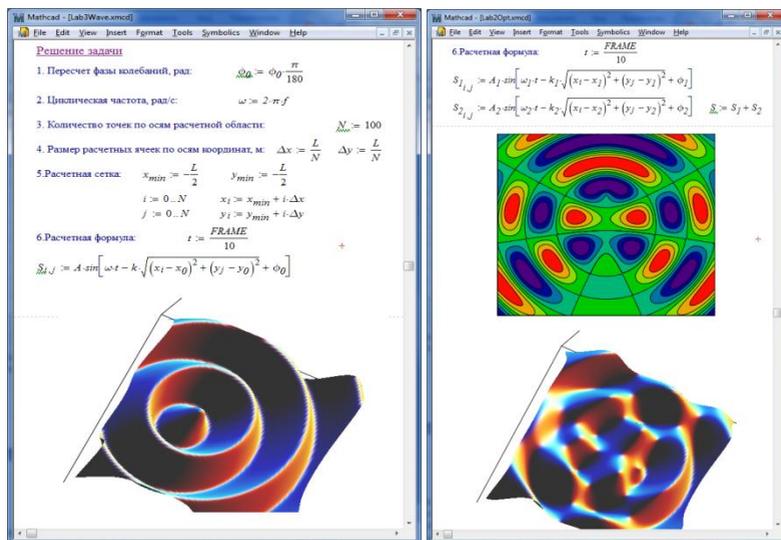


Рис. 1. Численная модель круговых и круговых стоячих волн

Т.Д. Торопов, студ.; рук. Г.А. Шмелева, к.п.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОКУСИРОВКИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ В MATHCAD V.14

В современных приборах для фокусировки и создания пучка заряженных частиц используется магнитное поле. Задача этой работы заключалась в определении места фокусировки на экране электронов, вылетающих из одной точки. Начальные скорости частиц одинаковы по модулю и равны v , направлены под разными углами α к координатной оси перпендикулярно магнитному полю с индукцией B . Явление смоделировано в системе автоматизированного проектирования Mathcad v.14.

Решение задачи состоит в рассмотрении сложного движения, которое можно представить в виде двух простых движений заряженной частицы под действием магнитного поля: равномерного и прямолинейного вдоль линии вектора магнитной индукции и движения по окружности. Используя основные законы динамики, в итоге была получена следующая зависимость:

$$r(k) = 2 \frac{mv}{qB} \sin(\alpha) \cdot \sin\left(\frac{qB}{2mv} \cdot x_k\right)$$

r – радиус спирали, по которой движется заряженная частица; k – расстояние фокуса пучка; m – масса заряженной частицы; v – скорость частицы; q – заряд частицы; B – магнитная индукция; α – угол между вектором скорости и координатной осью; x_k – расстояние фокуса.

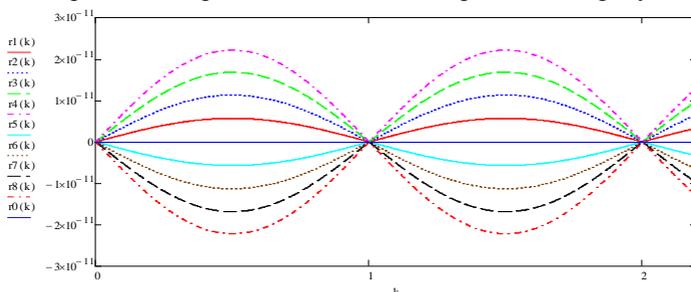


Рис. 1. Зависимость радиуса спирали и фокусировки от расстояния фокуса

Библиографический список

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

А.А. Трифонов, И.А. Рытиков, студ.;
рук. Г.А. Шмелева, к.п.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТА В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ПО ФИЗИКЕ

Цель работы состоит в применении современной вычислительной техники и программного обеспечения к обработке экспериментальных данных в лабораторном практикуме по физике.

Рассмотрены опыты по определению удельного заряда электрона методом магнетрона, зависимости магнитной проницаемости ферромагнетика от напряженности магнитного поля, температурных зависимостей сопротивления металла и полупроводника. Для лучшего представления физических процессов построены графики в программе Microsoft Excel 2010. При обработке результатов экспериментов по определению удельного заряда электрона графики были интерполированы, найдена точка максимума интерполированного графика производной (рис.1). Для определения значения критического тока применен метод графического дифференцирования.

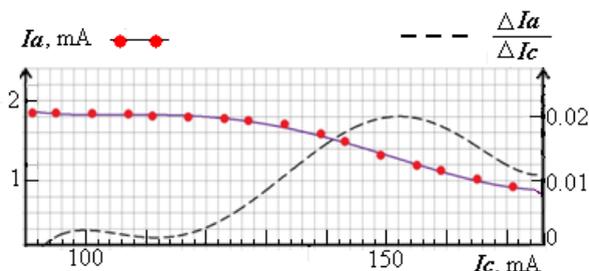


Рис. 1

Применение Microsoft Excel 2010 позволило получить удельный заряд электрона, близкий к табличному значению. По рассчитанному значению критической индукции магнитного поля найдена наиболее вероятная скорость электронов при известном напряжении и определен относительный разброс скоростей электронов, что дало возможность экспериментально проверить статистический закон распределения.

В дальнейшем на основе данного опыта по вольт-амперной характеристике вакуумного диода можно экспериментально определить удельный заряд электрона и другим методом вакуумной электроники, связанным с «законом трех вторых».

*Е.С. Морев, студ.; рук. А.В. Подобный, асс.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Рассмотрена возможность использования на учебных занятиях по физике и ТОЭ пакета MatLab Simulink в режиме имитации эксперимента. Для этого была использована библиотека SimPowerSystem, являющаяся частью пакета MatLab Simulink, позволяющая рассчитывать электрические цепи.

В частности, была решена задача проверки метода преобразование звезда-треугольник при решении физической задачи. Доказывается эквивалентность правил Кирхгофа и преобразования звезда-треугольник на примере решения представленной задачи. Исследуется, как изменится сопротивление контура между точками А и В, если между точками 1 и 2 подключить сопротивление R_1 при условии (рис. 1)

- 1) $R_1 > R_2$;
- 2) $R_1 < R_2$;
- 3) $R_1 = R_2$.

Поставлена задача разработки лабораторного практикума, позволяющего лучше понять законы электротехники.

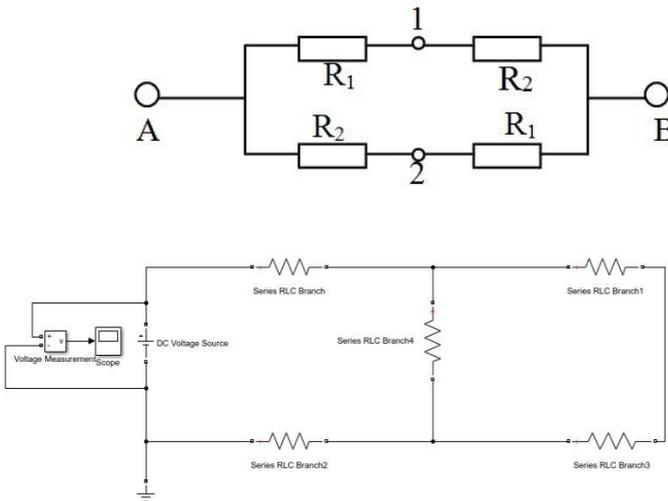


Рис. 1. Электрическая цепи и схема эксперимента в MatLab Simulink

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

МОДЕЛЬ ИМПУЛЬСНОГО ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА С ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ТРАНСФОРМАТОРОМ

Исследование посвящено разработке импульсного зарядного устройства с высокочастотным трансформатором. Для работы использован пакет MatLab Simulink с интегрированной в него библиотекой имитации электрических цепей SimPowerSystem.

Построена модель компактного зарядного устройства на основе преобразователя частоты и импульсного трансформатора (рис. 1). Рассчитаны параметры схемы замещения трансформатора сравнительно малых размеров с сердечником из аморфной стали, мощностью 100 кВА, способного работать на высокой частоте. Смоделирован трехфазный инвертор для преобразования сетевой частоты 50 Гц в необходимую для работы трансформатора частоту 6000 Гц.

Разработанное зарядное устройство может быть использовано на зарядных станциях для электромобилей для зарядки сразу нескольких аккумуляторов одновременно.

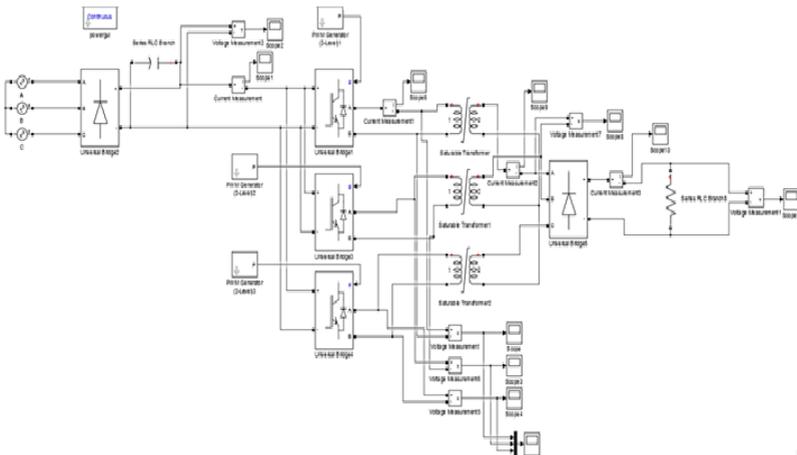


Рис. 1. Модель электрической цепи для исследования импульсного зарядного устройства с высокочастотным трансформатором

*Р.В. Ступенков, студ.; Д.И. Оладов, студ.;
А.И. Тихонов, д.т.н., профессор
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДЛЯ ИМИТАЦИИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Для исследования процессов в идеальном газе разработан виртуальный тренажер, позволяющий имитировать положения молекулярно-кинетической теории. Модель реализована в среде математического пакета MatLab. Она представляет собой двухмерный объем, заполненный частицами, совершающими броуновское движение. Количество частиц и их наблюдаемые скорости выбираются произвольным образом исходя из удобства наблюдения за процессом. Реальные величины, характеризующие термодинамическую систему, рассчитываются в соответствии с масштабами подобия [1], что позволяет пересчитывать величины, определяемые из модели в термодинамические величины. Скорости частиц распределяются в соответствии с кривой Максвелла для заданной температуры, которая может изменяться с помощью элементов управления. Одна из частиц выделяется для наблюдений за ее траекторией (рис. 1). Система предназначена для имитации экспериментальных исследований равновесных процессов в идеальном газе.

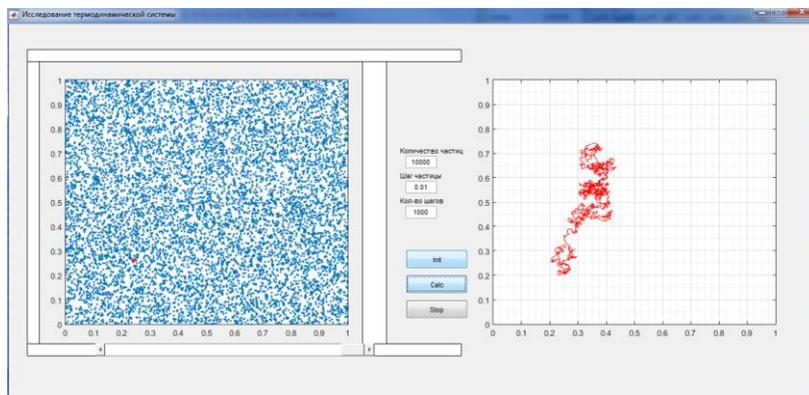


Рис. 1. Распределение индукции в однофазном трансформаторе

Библиографический список

1. **Тихонов А.И., Шмелева Г.П., Севрюгов Д.М.** Исследование имитационных моделей термодинамических систем (равновесные процессы в идеальном газе): метод. указания к лаб. работам / ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2013. – 36 с.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ТРАНСФОРМАТОРА ДЛЯ АНАЛИЗА ПОВРЕЖДЕНИЙ

Повреждения внутри трехфазного трансформатора могут быть вызваны, в частности, ударными токами, возникающими при коротких замыканиях в процессе эксплуатации или при испытаниях на электродинамическую устойчивость. Для анализа повреждений предлагается использовать динамическую модель, параметры которой рассчитываются на 2D-модели магнитного поля. Для этого на базе системы проектирования распределительных трансформаторов САПР ТРАНС (создана в ИГЭУ) была разработана подсистема генерации конечно-элементной модели (рис. 1), позволяющая строить полевые модели трансформатора автоматически по заданному списку исходных данных (рис. 2). В числе параметров модели имеются величины, задающие характер повреждений, такие как сдвиг осей обмоток на заданные углы по отношению к осям стержней, сдвиг осей стержней о отношению к вертикали, изменение высоты обмоток, смещение ярма. Эти деформации влияют как на основной поток трансформатора, так и на поля рассеяния, что отражается в кривых динамических режимов работы. Данные кривые могут быть рассчитаны как с использованием полевой динамической модели трансформатора, так и сняты экспериментально с помощью контроллера и системы датчиков. Сравнение этих кривых позволяет делать вывод о характере повреждений.

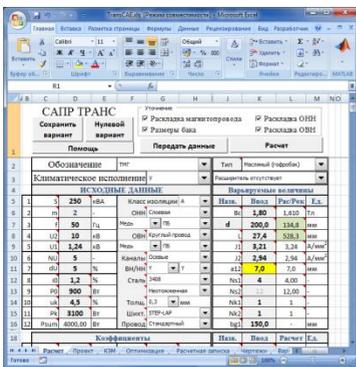


Рис. 1. Внешний вид САПР ТРАНС

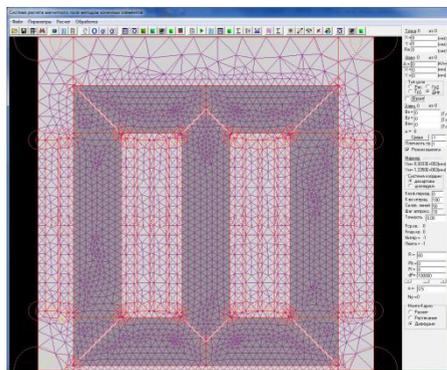


Рис. 2. Модель магнитного поля трансформатора

Содержание

<i>Секция 9. Атомные электрические станции</i>	3
Вольский А.В., Селезнев Н.А. Общественное мнение как важный фактор при реализации проекта малых атомных котельных	4
Высоченкова О.А.. Расчет истинного объемного паросодержания в тепловыделяющих сборках при повторном заливе активной зоны ВВЭР	5
Газенко А.К. Термодинамические циклы и тепловые схемы ядерных энергетических установок (цикл модельных лабораторных работ)	6
Молоскин А.Е. Оценка влияния капель при отводе тепла от стенки ТВЭЛа при повторном заливе активной зоны ВВЭР	7
Николаенков Д.А., Конюшин М.В. Концепт-проект ядерной энергетической установки канального типа на сверхкритические параметры теплоносителя	8
Сатаев А.А., Хвойнов О.В., Березин А.А. Исследование воздействия внешних сил на процессы смешения неизотермических потоков	9
Ушева К.И. Анализ аварии, связанной с неуправляемым извлечением рабочей группы ОР СУЗ на МКУ мощности	10
Алексеев И.В., Токарев С.А. Определение гидродинамических потерь в регулирующем клапане турбопитательного насоса АЭС	11
Галата Д.А. Исследование влияния лучистого теплообмена на максимальную температуру топлива в ТВЭЛе, состоящем из таблеток с отверстием	12
Демьянов С.А., Кораблев С.А., Чижова Е.С. Прогнозирование состояния парогенераторов 1 блока Калининской АЭС и разработка нового подхода к обработке экспериментальных данных	13
Дементьев А.В., Макаров И.Н., Шустов А.А. Разработка компьютерного лабораторного стенда для исследования работы насосов на общую сеть	14
Еленко Д.В. Аппроксимация характеристик профилей рабочих лопаток турбины	15
Еленко Д.В., Михайлов С.А. Проектирование турбинных ступеней большой веерности	16
Ершова Э.С. Тепловая экономичность газотурбинного цикла на базе реактора МГР	17
Ершова Э.С., Чигирева Д.В. Теплоснабжение от атомных источников	

– эффективный способ экономии энергетических ресурсов	18
Игошина В.А., Скворцов И.А., Чукович В.А. Пассивные системы отвода тепла энергоблоков АЭС нового поколения проектов АЭС-2006 и ВВЭР-ТОИ	19
Катаев М.В. Сравнение производительности жалюзийного сепаратора с обычными профилями и с профилями Powervane в программе ANSYS	20
Квасников А.П. Обоснование возможности работы энергоблока с ВВЭР-1000 и турбиной К-1000-60/1500-2 на мощности 110 % от номинальной	21
Коротков Е.А., Михайлов С.С. Эффективность интеграции ГТУ с котлом-утилизатором в тепловую схему энергоблока АЭС с ВВЭР-1200	22
Крылов Л.Р. Модернизация системы расхолаживания бассейна выдержки топлива блока с реактором ВВЭР-1000	23
Митин А.Д., Сазанов Е.А. Анализ надежности ЯЭУ с помощью метода RTRM	24
Нефёдов Е.Д. Влияние пароприёмного дырчатого листа на вынос капельной влаги за пределы парогенератора ПГВ-1000М	25
Никитов К.А. Определение критериев безопасности в аварийных режимах, связанных с отключением различного числа ГЦН	26
Пряхина Д.Н. Разработка программы расчета парогенераторов АЭС с ВВЭР	27
Терентьев Е.И., Галата Д.А. Система аккумулирование тепловой энергии на АЭС	28
Феофанов Р.Р., Клипанов Е.А., Мечтаева Н.Н., Мурадян А.К. Разработка web-версии программы ориентировочного расчета турбины	29
Ферапонтова С.А., Питенина Л.А. Исследование НФХ первой топливной загрузки реактора ВВЭР-1200 ЛАЭС-2	30
<i>Секция 10. Теплообмен в промышленных установках</i>	<i>31</i>
Семенов А.С. Конструирование зоны сушки шахтной печи для утилизации твердых коммунальных отходов	32
Шувье Е.С., Носков А.В. Моделирование процессов тепломассообмена в скруббере	33

Малов А.А., Кемская Ю.А. Моделирование теплопереноса в установке переработки твердых коммунальных отходов	34
Макарова А.П., Таламаев Д.С. Разработка установки для переработки твердых коммунальных отходов методом пиролиза	35
Рузанов И.А., Зуев В.А. Исследование температурного поля пористого материала при нагреве излучением	36
Уткина А.А., Сумкин А.А. Пневматическое диспергирование тонкодисперсной водной суспензии	37
Грошева А.В., Волков К.А. Повышение эффективности работы печи для утилизации отходов	38
Федоров Д.А. Исследование свойств тальковой руды	39
Чванкина А.М., Тюрин И.А. Оптимизация кинетики сушки золокерамических изделий	40
Павлов А.А. Исследование влияния влагосодержания доменного газа на энергоэффективность газовой утилизационной турбины	41
Ставровская В.С. Экспериментальные исследования ветроколеса	42
Торопов П.А. Влияние окислительного пиролиза на скорость термической переработки твердых органических веществ	43
Громова Е.А. Влияние производительности термических реакторов по переработке твердых органических отходов от режимных параметров	44
Селезнева Е.А., Нечаев А.А. Использование химических добавок в технологии производства бетонов	45
<i>Секция II. Безопасность жизнедеятельности в техносфере</i>	46
Егорова В.Ю. К вопросу расположения воздушных ЛЭП в городской среде на примере участка ЛЭП в г. Иваново	47
Грибова А.А. Износ оборудования, как причина крупных аварий в энергетике, на примере Саяно-Шушенской ГЭС	48
Морозова К.А. Износ оборудования, как причина крупных аварий в энергетике, на примере ПС №510 "Чагино"	49
Банушкина А.В. Система управления охраной труда на теплоэнергетическом предприятии	50

Гагиева К.А. Анализ источников опасных воздействий и аварийных ситуаций на ПС 110 кВ "Ивановская-6" Филиала МРСК Центра и Приволжья "Ивэнерго"	51
Звонарёва Т.А. Анализ аварийных ситуаций при эксплуатации газового оборудования и сети газопотребления ОПО ИвТЭЦ-3 Филиал "Владимирский" ПАО "Т Плюс"	52
Кочеткова Е.Н. Проблемы обеспечения техногенной безопасности в торгово-развлекательных комплексах	53
Черанёв Д. Расчет пожарного риска с использованием программы TOXI+Risk	54
Павлов М.А. Математический анализ требуемого времени эвакуации из производственного здания	55
Серёгина А.И. О влиянии суммации вредного действия веществ на безопасность водоемов	56
Горбунова К.В. Анализ результатов тестирования знаний по учебной дисциплине "Системы защиты окружающей среды"	57
Серёгина А.И. О нормировании качества воды в водоемах различного назначения	58
Огорельцева К.А. Утилизация твердых бытовых отходов в г. Иваново	59
Румянцева М.И. Оценка экологических последствий при учете частичной суммации вредного действия газов SO ₂ и NO ₂	60
Васильченко Т.С., Безкровная С.А. Прогнозирование развития пожара внутри помещения	61
Карпенко Е.Э. Идентификация техногенных воздействий, сопровождающих газопотребление в кузнечно-прессовом цехе	62
Преображенский Д.И. О вариофикации взрывных воздействий, сопровождающих эксплуатацию газорегуляторного пункта	63
Синицына Л.С. Идентификация техногенных воздействий, сопровождающих преобразование электрической энергии на подстанции	64
Белов Е.А. О вариофикации взрывных воздействий, сопровождающих применение оборудования газосварочного поста	65
Пучкова Н.В. Влияние электромагнитного излучения на современно-го человека	66
Уланова Н.В. Методика оценки профессионального риска работников различных профессий	67

Рогозкина С.А. Влияние световой среды на человека	68
Румянцева М.И. Программа производственного контроля	69
Макулова Е.И., Смородинова Е.А. Обучение и проверка знаний по охране труда	70
Васильченко Т. Определение стоимости экспертизы проектов	71
<i>Секция 12. Моделирование физических процессов</i>	72
Орлов К.Е. Расчёт частотного спектра резонансного поглощения СВЧ излучения водой	73
Филимонова Ю.А. Электрохимическое формирование функциональных полипорфириновых пленок	74
Авдеева Е.В., Кочетова И.А. Физические концепции античности	75
Морковкин Н.С., Волков А.С. Исследование броуновского движения	76
Графчикова А.А., Загаринская А.А., Ильина О.А. Измерение вязкости жидкости методом сообщающихся сосудов	77
Симонов М.А., Силкина Н.В. Лабораторная установка для определения газовой постоянной	78
Сучков А.С., Кульпина Е.А. Определение плотности газа методом взвешивания	79
Вульчин С.С. Примеры расчета параметров орбит космических тел солнечной системы методами небесной механики	80
Маленкин И.С., Сосновиков Г.Е. Виртуальная экспериментальная задача	81
Сахаров И.С., Карачев А.А. Тренажер к лабораторной работе по теме "Физический маятник"	82
Орлов Д.Н. Разработка модели для изучения волновых процессов	83
Торопов Т.Д. Моделирование фокусировки заряженных частиц в магнитном поле в Mathcad V.14	84
Трифонов А.А., Рытиков И.А. Современные методы обработки эксперимента в лабораторном практикуме по физике	85
Морев Е.С. Применение методов электротехники при решении задач по физике	86
Розин В.Е. Модель импульсного зарядного устройства с	

Содержание

высокочастотным трансформатором	87
Ступенков Р.В., Оладов Д.И. Разработка модели для имитации термодинамической системы	88
Подобный А.В. Использование модели магнитного поля трансформатора для анализа повреждений	89
<i>Содержание</i>	90

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ

Четырнадцатая международная научно-техническая
конференция студентов, аспирантов и молодых учёных
«ЭНЕРГИЯ-2019»

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Печатается в авторской редакции

Составитель – Вольман М.А.

Подписано в печать .06.2019. 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.