

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-2023»

**ВОСЕМНАДЦАТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ
(ДЕСЯТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ)
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ**

г. Иваново, 16-18 мая 2023 года

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ТОМ 2

ИВАНОВО

ИГЭУ

2023

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

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ // Восемнадцатая всероссийская (десятая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2023»: Материалы конференции. В 6 т. Т. 2. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2023. – 112 с.

ISBN 978-5-00062-559-0
ISBN 978-5-00062-562-0(Т.2)

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

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

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

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель оргкомитета: 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» **Беляков А.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 –
к.т.н. **Вольман М.А.**

*А.Д. Фефилов, студ.; рук. М.Н. Мечтаева, ст.препод.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПГВ-1000МКО

В состав реакторных установок с водо-водяными реакторами входят парогенераторы (ПГ). Самые современные российские парогенераторы: ПГВ-1000МКО и ПГВ-1000МКП.

Сравним парогенератор ПГВ-1000МКО и его предшественник ПГВ-1000МКП. Принципиально они одинаковы. ПГВ-1000МКО имеет мощность, на 3% большую, чем ПГВ-1000МКП. Это было достигнуто увеличением его длины на 1м, что повлекло за собой следующие проблемы: 1) увеличена металлоёмкость корпуса, внутрикорпусных устройств и труб теплообменной поверхности, причем при увеличении мощности парогенератора на 3% по сравнению с предшественником ПГВ-1000МКП, площадь теплообменной поверхности увеличена на 9%; 2) намного усложняется и удорожается транспортировка ПГ, из-за исключения возможности перевозки данного ПГ на поезде.

Еще одно отличие заключается в наличии единственного патрубка отбора пара, в ПГВ-1000МКП их было 10. Наличие всего одного патрубка отбора пара может привести к неравномерному отбору, что, в свою очередь, может привести к непредсказуемым последствиям.

Целесообразность применения ПГВ-1000МКО как с технической, так и с экономической точки зрения довольно спорна, так как при незначительном повышении мощности парогенератора, значительно выросли капитальные затраты на транспортировку из-за увеличения его длины и, как следствие, металлоёмкости, а желание сэкономить на патрубках отбора пара приводит к неравномерному отбору рабочего тела, что может негативно сказаться на надежности данного парогенератора. Было установлено, что стоимость одного парогенератора увеличилась примерно на 4 млн. рублей.

Библиографический список

1. **Степанов В.Ф.** Парогенераторы АЭС. Часть1, учебное пособие/ ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», - Иваново, 2020. – 144с.;
2. **Лахов Д.А.** Горизонтальный парогенератор. Проблемы повышения мощности и возможные пути решения/ Д.А. Лахов, С.А. Харченко // Материалы науч.-техн. конф. молодых специалистов ОКБ «Гидропресс». – Подольск: ОАО ОКБ «Гидропресс», 2012. – 7 с.;
3. ОКБ «Гидропресс», ПООБ ПГВ-1000МКП, 2012. – 33с.

*А.Д. Фефилов, студ.; рук. М.Н. Мечтаева, ст.препод.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ ТРАКТА ОСНОВНОГО КОНДЕНСАТА АЭС

Гидравлический расчет направлен на определение потерь напора (давления) при перемещении жидкости или газа по трубопроводу или каналу. Поток, двигающийся в канале, испытывает самые разные воздействия, которые вызывают сопротивление движению потока, на преодоление которого тратится напор.

Потери давления при движении жидкости в канале состоят из четырех составляющих:

- 1) сопротивление, вызываемое силами трения частиц друг о друга о стенки канала ($\Delta p_{\text{тр}}$);
- 2) местные сопротивления (сопротивления, обусловленные препятствиями на отдельных ограниченных участках потока) ($\Delta p_{\text{м}}$);
- 3) сопротивление, вызываемое ускорением потока ($\Delta p_{\text{уск}}$);
- 4) нивелирный напор ($\Delta p_{\text{нив}}$).

Суммарный потерянный напор складывается из этих четырех составляющих:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{м}} + \Delta p_{\text{уск}} + \Delta p_{\text{нив}}$$

В ходе практической части данной работы был проведен гидравлический расчет трубопроводов тракта основного конденсата от напора КЭН-1 до всаса КЭН-2 второго энергоблока Калининской АЭС. Для проведения данного расчета все исследуемые трубопроводы были разбиты на участки равного диаметра и постоянного пространственного расположения. Для каждого участка определены длина участка, начальная и конечная высотные отметки, типы и величина местных сопротивлений, расход основного конденсата. По этим данным определены параметры среды и величина потери напора. Гидравлические потери в исследуемых трубопроводах по итогам расчета составили 244 576 Па. Погрешность результатов расчета по итогам сравнения с экспериментальными данными составила менее 2%.

Библиографический список

1. Степанов В.Ф. Парогенераторы АЭС. Часть 2, учебное пособие / ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина», - Иваново, 2021. – 129с.;
2. Работаев В.Г. Механика жидкостей и газов: учебное пособие / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина», - Иваново, 2016. - 304с.

*Максимов Е.К., студ.; рук. Г.В. Булавкин, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ТС ПАРОПРОВОДОВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ПТУ К-1000-60/3000

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

ТС паропроводов собственных нужд (ТС ПСН) блока предназначена для обеспечения паром парожеткорных машин, общестанционных потребителей, опробования и резервного питания приводных турбин питательных насосов, резервного питания паром деаэраторов, подогревателей сетевой воды.

В ТС ПСН предусмотрено три основных коллектора: 1. Коллектор собственных нужд энергоблока; 2. Коллектор собственных нужд АЭС; 3. Коллектор греющего пара деаэраторов. Коллектор собственных нужд (КСН) энергоблока питается паром второго отбора турбины или от паропроводов "свежего" пара через БРУ-СН. КСН АЭС питается паром КСН энергоблоков. Коллектор греющего пара деаэраторов питается паром от блочного КСН. Кроме того в состав ТС ПСН входят: 1. Сепаратор влаги; 2. Предохранительные клапаны; 3. Редукционно-охладительные установки РОУ-14/7, РОУ-14/3.

К тестированию приняты режимы нормальной эксплуатации ТС ПСН: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Разработка тестовой программы производится в системе «Аттестат». Она позволяет: 1. Устанавливать для каждой категории обучаемых персональный объем знаний и состав изучаемых в соответствии с требованиями программы обучения и/или должностной инструкции; 2. Организовывать проведение групповых и индивидуальных занятий с указанием сроков и времени занятий, объема и последовательности изучаемого материала, режима подачи учебного материала, необходимости включения входного, промежуточного и выходного контроля знаний; 3. Обеспечить самостоятельную работу обучаемых лиц с учебным материалом; 4. Проводить различные виды проверки знаний; 5. Создавать новые АУК, а также вносить изменения в существующие базы знаний.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

*Максимов Е.К., студ.; рук. Г.В. Булавкин, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ТС ПАРОПРОВОДОВ СВЕЖЕГО ПАРА ПТУ К-1000-60/3000

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Технологическая система паропроводов свежего пара (ТС ПСП) предназначена для транспортировки насыщенного пара от четырех парогенераторов (ПГ) к паровой турбине (ПТ) энергоблока ВВЭР-1000. Она разделена структурно, организационно и эксплуатационно на две части: ПСП реакторного отделения (ПСП РО) и ПСП турбинного отделения (ПСП ТО). В состав ТС ПСП РО входят: 1. Предохранительные клапаны ПГ; 2. Быстродействующие редуцирующие установки с отводом пара в атмосферу (БРУ-А); 3. Быстродействующие запорные отсечные клапаны (БЗОК). В состав ТС ПСП ТО входят: 1. Быстродействующие редуцирующие установки с отводом пара в конденсатор основной турбины (БРУ-К); 2. Быстродействующие редуцирующие установки собственных нужд (БРУ-СН); 3. Главные паровые задвижки (ГПЗ). На трубопроводах дренажей ПСП установлена арматура, предназначенная для прогрева ПСП с заданной скоростью во время пуска.

К тестированию приняты режимы нормальной эксплуатации ТС ПСП: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Разработка тестовой программы производится в системе «Аттестат». Она позволяет: 1. Устанавливать для каждой категории обучаемых персональный объем знаний и состав изучаемых в соответствии с требованиями программы обучения и/или должностной инструкции; 2. Организовывать проведение групповых и индивидуальных занятий с указанием сроков и времени занятий, объема и последовательности изучаемого материала, режима подачи учебного материала, необходимости включения входного, промежуточного и выходного контроля знаний; 3. Обеспечить самостоятельную работу обучаемых лиц с учебным материалом; 4. Проводить различные виды проверки знаний; 5. Создавать новые КОС, а также вносить изменения в существующие базы знаний.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

*Максимов Е.К., студ.; рук. Г.В. Булавкин, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ТС ДЕАЭРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ПТУ К-1000-60/3000

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

ТС ДУ предназначена для: 1. Удаления коррозионно-активных газов из поступающих в ДУ различных потоков воды (конденсат, дренажи, добавочная вода); 2. Создания запаса питательной воды в баках-аккумуляторах деаэраторов, достаточного для подпитки ПГ питательной водой в течении 3-4 минут при прекращении подачи воды в деаэраторы; 3. Подачи питательной воды из деаэраторов в ПГ (через ПВД или помимо них).

В состав ТС ДУ входят: 1. Два деаэрационных бака; 2. Четыре вертикальных колонки, по две на каждый деаэрационный бак; 3. Двенадцать импульсно-предохранительных устройств коллектора греющего пара деаэраторов; 4. Насос аварийной подпитки деаэраторов; 5. Трубопроводы, служащие технологическими связями, и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; 6. КИП и средства автоматизации и защиты, предназначенные для контроля работы системы и автоматизации технологического процесса

К тестированию приняты режимы нормальной эксплуатации ТС ДУ: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Разработка тестовой программы производится в системе «Аттестат». Она позволяет: 1. Устанавливать для каждой категории обучаемых персональный объем знаний и состав изучаемых в соответствии с требованиями программы обучения и/или должностной инструкции; 2. Организовывать проведение групповых и индивидуальных занятий с указанием сроков и времени занятий, объема и последовательности изучаемого материала, режима подачи учебного материала, необходимости включения входного, промежуточного и выходного контроля знаний; 3. Обеспечить самостоятельную работу обучаемых лиц с учебным материалом; 4. Проводить различные виды проверки знаний; 5. Создавать новые КОС, а также вносить изменения в существующие базы знаний.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

*Сивохин Н.Ю., студ.; рук. Г.В. Булавкин, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЕАЭРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ПТУ К-1000-60/3000 ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Очевидно, что тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Реализован начальный этап разработки тестовой программы для ТС деаэрационной установки (ДУ). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для последующей подготовки вопросов тестирования.

ТС ДУ предназначена для: удаления коррозионно-активных газов из поступающих в ДУ различных потоков воды (конденсат, дренажи, добавочная вода); создания запаса питательной воды в баках-аккумуляторах деаэраторов, достаточного для подпитки ПГ питательной водой в течение 3-4 минут при прекращении подачи воды в деаэраторы; подачи питательной воды из деаэраторов в ПГ (через ПВД или помимо них).

В состав ТС ДУ входят: 1. Два деаэрационных бака; 2. Четыре вертикальных колонки, по две на каждый деаэрационный бак; 3. Двенадцать импульсно-предохранительных устройств коллектора греющего пара деаэраторов; 4. Насос аварийной подпитки деаэраторов; 5. Трубопроводы, служащие технологическими связями, и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; 6. КИП и средства автоматики и защиты, предназначенные для контроля работы системы и автоматизации технологического процесса

ТС ДУ связана со следующими ТС ПТУ: 1. ОК. Основной конденсат подаётся в ДУ; 2. ХОВ. Заполнение и подпитка ДУ осуществляется химобессоленной водой; 3. ПВ. Из баков осуществляется забор ПВ; 4. РВД. Конденсат греющего пара ПВД подаётся в ДУ; 5. СПП. Предусматривается резервный отвод КГП СПП в ДУ; 6. ДБ; 7. ДМ; 8. Уплотнения ротора ПТ; 9. СВО; 10. Продувки ПГ; 11. ТКО

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС ДУ: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

*Сивохин Н.Ю., студ.; рук. Г.В. Булавкин, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ПТУ К-1000-60/3000 ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Очевидно, что тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Реализован начальный этап разработки тестовой программы для ТС питательной воды (ПВ). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для последующей подготовки вопросов тестирования.

ТС ПВ предназначена для поддержания нормального уровня воды в ПГ при работе ЭБ в нормальных режимах, а также в режимах пуска, останова и расхолаживания первого контура.

В состав ТС ПВ входят: 1. Подогреватели высокого давления; 2. Деаэраторы со вспомогательным оборудованием; 3. Турбопитательные насосы со вспомогательным оборудованием; 4. Вспомогательные питательные электронасосы; 5. Аварийные питательные электронасосы; 6. Трубопроводы, служащие технологическими связями, и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; 7. КИП и средства автоматики и защиты, предназначенные для контроля работы системы и автоматизации технологического процесса.

ТС ПВ связана со следующими ТС ЭБ АЭС: 1. ХОВ. Химобессоленной водой осуществляется подпитка ТС ПВ, включая заполнение баков аварийного запаса ХОВ; 2. Парогенераторов (ПГ). Питательная вода подаётся в ПГ ЭБ; 3. Дренажных баков (ДБ). Для обеспечения дренирования трубопроводов и оборудования ТС ПВ при выводе из работы, а также для удаления воздуха при заполнении предусмотрена система дренажей и воздушников. При этом реализуется слив дренажей в дренажные баки; 4. Основного конденсата (ОК). Основной конденсат подаётся после КЭН-2 на гидропривод системы защиты ПВД; 5. СПП. Гидропривод конденсатного насоса СПП (ГТН-850-400) реализуется питательной водой после ТПН.

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС ПВ: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

*Сивохин Н.Ю., студ.; рук. Г.В. Булавкин, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТУРБОПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА ПТУ К-1000-60/3000 ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Очевидно, что тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Реализован начальный этап разработки тестовой программы для ТС турбопитательного насоса (ТПН). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для последующей подготовки вопросов тестирования.

ТС ТПН предназначена для подачи питательной воды из ДУ через систему трубопроводов ТС ПВ в ПГ в режиме нормальной эксплуатации энергоблока. Для привода ПН предназначена паровая турбина К-10-5/3400. На ЭБ устанавливаются два ТПН, которые обеспечивают номинальную нагрузку. При отключении одного ТПН нагрузка ЭБ снижается до 50%.

В состав ТС ТПН входят: 1. Питательный насос; 2. Бустерный насос; 3. Приводная ПТ; 4. Конденсатор приводной ПТ; 5. Эжектор пусковой приводной ПТ; 6. Эжектор основной приводной ПТ. 7. Эжектор системы отсоса приводной ПТ; 8. Конденсатные насосы приводной ПТ; 9. Редуктор ТПН; 10. АСРЗ; 11. Система маслоснабжения ТС ТПН.

ТС ТПН связана со следующими ТС ЭБ АЭС: 1. ТС ПВ. ТС ТПН является её частью; 2. ТС СПП. Приводная ПТ питается паром из отбора основной ПТ после СПП; 3. ТС ПСН. Предусмотрено питание паром приводной ПТ из КСН; 4. ТС ЦВС. Конденсатор приводной ПТ снабжаются охлаждающей водой из ТС ЦВС; 5. ТС ВС. Конденсат отработавшего пара приводной ПТ откачивается в КОТ; 6. ТС ДБ. Предусмотрен отвод конденсата из конденсатора приводной ПТ в БГК. Дренажи ТС ПТН отводятся в ТС ДБ.

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС ТПН: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

Ляпин Д.С., студ.; рук. В.Ф.Степанов
(ИГЭУ, г.Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ЭНЕРГБЛОКА ВВЭР-1000 ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Очевидно, что тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Реализован начальный этап разработки тестовой программы для ТС охлаждения генератора циркуляционной (ОГЦ). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для последующей подготовки вопросов тестирования.

ТС ОГЦ предназначена для охлаждения водорода, циркулирующего в корпусе ЭГ, дистиллята в системе охлаждения обмотки статора ЭГ, а также для отвода тепла от воздухоохлаждателей возбuditеля и выпрямителя. В генераторе ТВВ-1000-2 принята система водородно-водяного охлаждения. Обмотка статора генератора охлаждается дистиллятом. Ротор и активная сталь статора охлаждается водородом. Нагретый водород охлаждается в газоохлаждателях водой.

Состав и назначение оборудования ТС ОГЦ: 1. Два насоса контура охлаждения газоохлаждателей, один из которых рабочий, а другой резервный. 2. Четыре газоохлаждателя электрогенератора, встроенные в его корпус; 3. Два теплообменника ОГЦ; 4. Двенадцать воздухоохлаждателей возбuditеля и выпрямителя; 5. Два теплообменника охлаждения обмоток статора генератора; 6. Две газовые ловушки; 7. Компенсационный бак; 8. Трубопроводы, служащие технологическими связями, и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; 9. КИП и средства автоматики и защиты, предназначенные для контроля работы системы и автоматизации технологического процесса.

ТС ОГЦ связана со следующими ТС ЭБ АЭС: 1. Охлаждения обмотки статора генератора; 2. Циркуводоснабжения; 3. Химочищенной обессоленной воды.

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС ОГЦ: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

*Ляпин Д.С., студ.; рук. В.Ф.Степанов
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБМОТКИ СТАТОРА ГЕНЕРАТОРА ЭНЕРГОБЛОКА ВВЭР-1000 ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Очевидно, что тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Реализован начальный этап разработки тестовой программы для ТС охлаждения обмотки статора генератора (ООСГ). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для последующей подготовки вопросов тестирования.

ТС ООСГ предназначена для непосредственного охлаждения обмотки статора генератора дистиллятом, циркулирующим по замкнутому контуру и должна обеспечивать: 1. Поддержание заданного температурного режима обмотки статора генератора; 2. Необходимое качество дистиллята, циркулирующего в системе; 3. Поддержание заданного температурного режима нажимных колец генератора. Охлаждение обмотки статора генератора осуществляется путем подачи дистиллята по замкнутому контуру: насос - теплообменники - фильтры - напорный коллектор - обмотка статора - сливной коллектор - бак дистиллята - насос.

Состав и назначение оборудования ТС ООСГ:

1. Два центробежных насоса; 2. Два теплообменника; 3. Три механических фильтра; 4. Шесть магнитных фильтров; 5. Газовая ловушка; 6. Бак дистиллята; 7. Три Ионообменных фильтры; 8. Гидрозатвор бака дистиллята; 9. Трубопроводы, служащие технологическими связями, и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; 10. КИП и средства автоматики и защиты, предназначенные для контроля работы системы и автоматизации технологического процесса.

ТС ООСГ связана со следующими ТС ЭБ АЭС: 1. Основного конденсата; 2. Химочищенной обессоленной воды; 3. Технического водоснабжения; 4. Циркуодоснабжения

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС ООСГ: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

Ляпин Д.С., студ.; рук. В.Ф.Степанов
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ХИМОЧИЩЕННОЙ ОБЕССОЛЕННОЙ ВОДЫ ЭНЕРГОБЛОКА ВВЭР-1000 ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Очевидно, что тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Реализован начальный этап разработки тестовой программы для ТС химочищенной обессоленной воды (ХОВ). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для последующей подготовки вопросов тестирования.

ТС ХОВ предназначена для бесперебойного обеспечения ХОВ потребителей второго контура ЭБ АЭС. ХОВ может подаваться в конденсаторы основной паровой турбины, в деаэрационную установку, на заполнение конденсаторов приводных турбин турбопитательных насосов (ТПН), на уплотнения ТПН, на промывку и заполнение фильтров смешанного действия, на заполнение и подпитку замкнутых систем охлаждения генератора, на заполнение бака отмывочных вод, на подпитку гидрозатворов конденсаторопроводов подогревателей сетевой воды, на уплотнения насосов машзала, на заполнение баков аварийного запаса ХОВ.

Состав и назначение оборудования ТС ХОВ: 1. Два насоса аварийного добавка ХОВ; 2. Трубопроводы, служащие технологическими связями, и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; 3. КИП и средства автоматики и защиты, предназначенные для контроля работы системы и автоматизации технологического процесса.

ТС ХОВ связана со всеми ТС ЭБ АЭС, где используется химочищенная обессоленная вода. Основные из них указаны при характеристике назначения ТС ХОВ (см. выше).

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС ХОВ: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

*Ляпин Д.С., студ.; рук. В.Ф.Степанов
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ НА СПЕЦКОРПУС И ХИМВОДООЧИСТКУ ЭНЕРГБЛОКА ВВЭР-1000 ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Очевидно, что тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Реализован начальный этап разработки тестовой программы для ТС технической воды на спецкорпус и химводоочистку (ТВ на СпК и ХВО). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для последующей подготовки вопросов тестирования.

ТС ТВ на СпК и ХВО предназначена для надежного и бесперебойного снабжения водой следующих потребителей энергоблока АЭС: 1. Спецкорпуса (СпК); 2. Цеха химводоочистки (ЦХВО); 3. Хранилища твёрдых радиоактивных отходов (ХТРО); 4. Центральной мастерской (ЦМС); 5. Подпитки ответственных потребителей реакторного отделения (РО).

В состав ТС технической воды на спецкорпус и химводоочистку входят: 1. Два насоса VB30. Они установлены в БНС-3 и подают техническую воду к потребителям спецкорпуса, цеха химводоочистки, хранилища твёрдых радиоактивных отходов, центральной мастерской, а также для подпитки ответственных потребителей реакторного отделения; 2. Трубопроводы, служащие технологическими связями, и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; 3. КИП и средства автоматики и защиты, предназначенные для контроля работы системы и автоматизации технологического процесса.

ТС технической воды на спецкорпус и химводоочистку связана со всеми ТС ЭБ АЭС, расположенными в спецкорпусе, цехе химводоочистки, хранилище твёрдых радиоактивных отходов, центральной мастерской, реакторном отделении.

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС технической воды на спецкорпус и химводоочистку: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

*Бельшиев А.А., студ.; рук. В.Ф.Степанов
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ (ВПВ) ПТУ К-1000-60/3000 ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Очевидно, что тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Реализован начальный этап разработки тестовой программы для ТС вспомогательной питательной воды (ВПВ). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для последующей подготовки вопросов тестирования.

ТС ВПВ предназначена для подачи питательной воды из деаэратора в парогенераторы (ПГ) при снижении давления питательной воды за ПВД до 60 кгс/см²; при снижении уровней в ПГ на 100 мм от номинальных, если температура теплоносителя первого контура более 150 °С; при срабатывании защит на останов обоих турбопитательных насосов (ТПН); при отключении обоих ТПН или одного при одном работающем; для подпитки ПГ при пуске-останове ЭБ АЭС; для предварительной промывки питательного контура и разогрева деаэраторной установки. При пусках ЭБ АЭС ТС ВПВ предназначена для деаэрации питательной воды в деаэрационной установке; предварительного заполнения, прогрева трубопроводов второго контура и проведения гидроиспытаний на рабочих параметрах.

В состав ТС ВПВ входят: 1. Два вспомогательных питательных электронасоса (ВПЭН); 2. Трубопроводы, служащие технологическими связями, и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; 3. КИП и средств автоматики и защиты, предназначенные для контроля работы системы и автоматизации технологического процесса.

ТС ВПВ связана со всеми ТС ЭБ АЭС, входящими в состав ТС ПВ, так как ТС ВПВ является её частью, а именно: 1. Химочищенной обессоленной воды; 2. Парогенераторов; 3. Дренажного бака; 4. Основного конденсата; 5. Сепаратора-пароперегревателя.

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС ВПВ: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

*Бельшев А.А., студ.; рук. В.Ф.Степанов
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПТУ К-1000-60/3000 ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Очевидно, что тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Реализован начальный этап разработки тестовой программы для ТС технического водоснабжения (ТВС). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для последующей подготовки вопросов тестирования.

ТС ТВС предназначена для снабжения технической водой потребителей группы «В» в машзале, реакторном отделении и спецкорпусе, а также для подпитки системы техводоснабжения потребителей группы «А». ТС ТВС включает в себя систему VB – техводоснабжение машзала (МЗ), реакторного отделения (РО), спецкорпуса (СпК) и систему VY – техводоснабжение резервной дизельной электростанции (РДЭС) и потребителей группы «А».

Состав и назначение оборудования ТС ТВС: 1. Два насоса технической воды (НТВ). Они установлены в БНС-3 и подают техническую воду к потребителям МЗ, на всас насосов охлаждения главных циркуляционных насосов (НО ГЦН) и к потребителям РО и СпК, а также к потребителям техводы группы «А»; 2. Два НТВ РДЭС. Они установлены в БНС-3 и предназначены для подачи воды на РДЭС, к потребителям группы «А», а также для резервирования подачи охлаждающей воды на всас НО ГЦН и охлаждения вспомогательных электронасосов (ВПЭН); 3. Трубопроводы, служащие технологическими связями, и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; 4. КИП и средства автоматики и защиты, предназначенные для контроля работы системы и автоматизации технологического процесса.

ТС ТВС связана со всеми ТС ЭБ АЭС, где используется техническая вода.

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС ТВС: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

Бельшев А.А., студ.; рук. В.Ф.Степанов
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АВАРИЙНОЙ ПОДПИТКИ ПГ ПТУ К-1000-60/3000 ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Очевидно, что тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Реализован начальный этап разработки тестовой программы для ТС аварийной подпитки парогенераторов (АППГ). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для последующей подготовки вопросов тестирования.

ТС АППГ предназначена для расхолаживания реакторной установки (РУ) в режиме обесточивания ЭБ АЭС, обеспечения аварийного снятия остаточных тепловыделений при авариях и неисправностях ТС ПВ (при этом мощность реактора должна быть снижена до МКУ), а также для заполнения ПГ при нахождении РУ в состоянии «холодное», «останов для ремонта», «перегрузка ядерного топлива». При обесточивании блока ТС АППГ осуществляет подачу воды в ПГ в течение 6-7 часов для отвода остаточных тепловыделений на первом этапе аварийного расхолаживания.

ТС АППГ состоит из трех независимых каналов (ГХ10,20,30), каждый из которых в отдельности обеспечивает расхолаживание ЭБ АЭС. Каждый канал ТС АППГ включает в себя следующее технологическое оборудование: 1. Бак запаса химобессоленной воды. Предназначен для хранения аварийного запаса химобессоленной воды. 2. Три аварийных питательных насоса (АПЭН); 3. Трубопроводы, служащие технологическими связями, и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; 4. КИП и средства автоматики и защиты.

ТС АППГ относится к защитным системам безопасности ЭБ АЭС. В соответствии с требованиями «Общих положений обеспечения безопасности атомных станций» ТС АППГ выполнена из *трех независимых* каналов, т.е. не связана с другими ТС ЭБ.

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС АППГ: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

*Полусаев П.И., студ.; рук. Степанов В.Ф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ТС ОСНОВНОГО КОНДЕНСАТА ПТУ К-1000-60/3000

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Очевидно, что тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Реализован начальный этап разработки тестовой программы для ТС основного конденсата (ОК). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для подготовки вопросов тестирования.

ТС ОК предназначена для перекачки основного конденсата из конденсаторов турбины через БОУ и регенеративные подогреватели низкого давления в деаэраторы.

В состав ТС ОК входят: 1. Три конденсатных насоса первой ступени, предназначенных для откачки конденсата из конденсаторов турбины через БОУ в ПНД-1; 2. Пять конденсатных насосов второй ступени, предназначенных для откачки конденсата из ПНД-2 через поверхностные ПНД в деаэраторы; 3. Трубопроводы, служащие технологическими связями, и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; 4. КИП и средства автоматики, предназначенные для контроля работы системы и автоматизации технологического процесса.

К тестированию приняты режимы нормальной эксплуатации ТС ОК: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Разработка тестовой программы производится в системе «Аттестат». Она позволяет: 1. Устанавливать для каждой категории обучаемых персональный объем знаний и состав изучаемых в соответствии с требованиями программы обучения и/или должностной инструкции; 2. Организовывать проведение групповых и индивидуальных занятий с указанием сроков и времени занятий, объема и последовательности изучаемого материала, режима подачи учебного материала, необходимости включения входного, промежуточного и выходного контроля знаний; 3. Обеспечить самостоятельную работу обучаемых лиц с учебным материалом; 4. Проводить различные виды проверки знаний; 5. Создавать новые КОС, а также вносить изменения в существующие базы знаний.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

*Полусаев П.И., студ.; рук. Степанов В.Ф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ТС РЕГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПТУ К-1000-60/3000

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Очевидно, что тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Реализован начальный этап разработки тестовой программы для ТС регенерации высокого давления (РВД). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для дальнейшей подготовки вопросов тестирования.

ТС РВД предназначена для повышения термического КПД термодинамического цикла ПТУ путем подогрева питательной воды паром нерегулируемых отборов ПТ до температуры 217,8 °С при номинальной мощности энергоблока. В состав ТС РВД входят: 1. Две параллельные линии подогревателей высокого давления ПВД-6 и ПВД-7. Они предназначены для подогрева питательной воды паром нерегулируемых отборов основной ПТ до температуры 217,8 °С (при Nном); 2. Трубопроводы, служащие технологическими связями, и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; 3. КИП и средства автоматики и защиты, предназначенные для контроля работы системы и автоматизации технологического процесса.

К тестированию приняты режимы нормальной эксплуатации ТС РВД: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Разработка тестовой программы производится в системе «Аттестат». Она позволяет: 1. Устанавливать для каждой категории обучаемых персональный объем знаний; 2. Организовывать проведение групповых и индивидуальных занятий с указанием сроков и времени занятий, объема и последовательности изучаемого материала, режима подачи учебного материала, необходимости включения входного, промежуточного и выходного контроля знаний; 3. Обеспечить самостоятельную работу обучаемых лиц с учебным материалом; 4. Проводить различные виды проверки знаний; 5. Создавать новые КОС, а также вносить изменения в существующие базы знаний.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

*Полусаев П.И., студ.; рук. Степанов В.Ф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ТС РЕГЕНЕРАЦИИ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ПТУ К-1000-60/3000

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Очевидно, что тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Реализован начальный этап разработки тестовой программы для ТС регенерации низкого давления (РНД). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для дальнейшей подготовки вопросов тестирования.

ТС РНД предназначена для повышения термического КПД термодинамического цикла ПТУ путем подогрева основного конденсата паром нерегулируемых отборов паровой турбины до температуры 153 °С, а также для оптимальной работы деаэрационной установки.

В состав ТС РНД входят: 1. Охладитель пара уплотнений ротора ПТ; 2. Два подключенных параллельно смешивающих ПНД № 1; 3. Смешивающий ПНД №2; 4. Три подключенных последовательно поверхностных ПНД (№ 3-5); 5. Трубопроводы, служащие технологическими связями, и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; 6. КИП и средства автоматики и защиты, предназначенные для контроля работы ТС и автоматизации технологического процесса.

К тестированию приняты режимы нормальной эксплуатации ТС РНД: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт. Разработка тестовой программы производится в системе «Аттестат». Она позволяет: 1. Устанавливать для каждой категории обучаемых персональный объем знаний и состав изучаемых в соответствии с требованиями программы обучения и/или должностной инструкции; 2. Организовывать проведение групповых и индивидуальных занятий с указанием сроков и времени занятий, объема и последовательности изучаемого материала, режима подачи учебного материала, необходимости включения входного, промежуточного и выходного контроля знаний; 3. Обеспечить самостоятельную работу обучаемых лиц с учебным материалом; 4. Проводить различные виды проверки знаний; 5. Создавать новые КОС, а также вносить изменения в существующие базы знаний.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

*Трофимов Д.А., студ.; рук. Степанов В.Ф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ТС ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОБЛОКА №3 КАЛИНИНСКОЙ АЭС

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Технологическая система вакуумной системы (ТС ВС) предназначена для обеспечения оптимальных условий расширения рабочего пара в турбине до давления ниже атмосферного и последующей его конденсации, а также для конденсации пара, поступающего в конденсаторы турбины через БРУ-К в нестационарных режимах работы энергоблока. В состав ТС ВС входят: 1. Конденсаторная группа. Предназначена для конденсации отработавшего в основной паровой турбине или сбрасываемого через БРУ-К пара; 2. Часть ТС циркуводоснабжения (ЦВС). Предназначена для циркуводоснабжения конденсатора основной турбины (КОТ); 3. Эжекторная установка. Предназначена для создания и поддержания оптимального вакуума в КОТ; 4. ТС уплотнений паровой турбины. Предназначена для предотвращения подсоса воздуха в КОТ в местах выхода роторов из цилиндров; 5. Часть ТС основного конденсата (ОК). Предназначена для откачки конденсата из КОТ.

К тестированию приняты режимы нормальной эксплуатации ТС ВС: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Разработка тестовой программы производится в системе «Аттестат». Она позволяет: 1. Устанавливать для каждой категории обучаемых персональный объем знаний и состав изучаемых в соответствии с требованиями программ обучения и/или должностной инструкции; 2. Организовывать проведение групповых и индивидуальных занятий с указанием сроков и времени занятий, объема и последовательности изучаемого материала, режима подачи учебного материала, необходимости включения входного, промежуточного и выходного контроля знаний; 3. Обеспечить самостоятельную работу обучаемых лиц с учебным материалом; 4. Проводить различные виды проверки знаний; 5. Создавать новые КОС, а также вносить изменения в существующие базы знаний.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС

*Трофимов Д.А., студ.; рук. Степанов В.Ф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ТС СЕПАРАЦИИ И ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПЕРЕГРЕВА ПАРА ЭНЕРГОБЛОКА №3 КАЛИНИНСКОЙ АЭС

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

ТС сепарации и промежуточного перегрева пара (ТС СПП) предназначена для осушения и промежуточного перегрева до 250 °С пара, отработанного в ЦВД турбины, с целью получения допустимой степени влажности на последних ступенях ЦНД во всех режимах работы ПТУ.

Удаление влаги с последующим перегревом пара, поступающего после ЦВД, производится в четырёх сепараторах-пароперегревателях. Каждый сепаратор-пароперегреватель представляет собой вертикальный аппарат, состоящий из сепаратора и одноступенчатого пароперегревателя. Сепаратор расположен в нижней части аппарата, а пароперегреватель – в верхней. Для защиты ТС СПП от возможного повышения давления предусмотрена установка четырёх сбросных и четырёх предохранительных клапанов. Сначала срабатывают сбросные клапаны, производится отключение паровой турбины, а затем, при повышении давления до 12 кгс/см², срабатывают предохранительные клапаны.

К тестированию приняты режимы нормальной эксплуатации ТС СПП: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Разработка тестовой программы производится в системе «Аттестат». Она позволяет: 1. Устанавливать для каждой категории обучаемых персональный объем знаний и состав изучаемых в соответствии с требованиями программы обучения и/или должностной инструкции; 2. Организовывать проведение групповых и индивидуальных занятий с указанием сроков и времени занятий, объема и последовательности изучаемого материала, режима подачи учебного материала, необходимости включения входного, промежуточного и выходного контроля знаний; 3. Обеспечить самостоятельную работу обучаемых лиц с учебным материалом; 4. Проводить различные виды проверки знаний; 5. Создавать новые КОС, а также вносить изменения в существующие базы знаний.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

*Трофимов Д.А, студ.; рук. Степанов В.Ф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ТС ЦИРКВОДОСНАБЖЕНИЯ ЭНЕРГОБЛОКА №3 КАЛИНИНСКОЙ АЭС

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Технологическая система циркуляционного водоснабжения (ТС ЦВС) предназначена для отвода теплоты отработавшего пара при его конденсации в конденсаторе основной турбины и конденсаторах ТПН. Кроме того, ТС ЦВС обеспечивает охлаждающей водой теплообменные аппараты ТС, а именно: смазки турбины и ТПН, уплотнения вала ТГ; регулирования ПТ; маслообеспечения блочных трансформаторов; газоохлаждения ЭГ, а так же обеспечивает работу водоструйных эжекторов ПТУ. Всё оборудование ТС ЦВС установлено в блочной насосной станции (БНС) и в машзале.

В БНС установлены: 4 циркуляционных насоса; 3 дренажных насоса; 8 очистных вращающихся сеток; 16 очистных решёток и одна решёткоочистная машина с саморазгружающейся тележкой.

В машзале установлены: 2 подъёмных насоса; 3 подъёмных насоса эжекторов; 2 водоструйных эжектора циркуляционной системы, трубопроводы, арматура, КИП и средства автоматики и защиты

К тестированию приняты режимы нормальной эксплуатации ТС ЦВС: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Разработка тестовой программы производится в системе «Аттестат». Она позволяет: 1. Устанавливать для каждой категории обучаемых персональный объем знаний и состав изучаемых в соответствии с требованиями программ обучения и/или должностной инструкции; 2. Организовывать проведение групповых и индивидуальных занятий с указанием сроков и времени занятий, объема и последовательности изучаемого материала, режима подачи учебного материала, необходимости включения входного, промежуточного и выходного контроля знаний; 3. Обеспечить самостоятельную работу обучаемых лиц с учебным материалом; 4. Проводить различные виды проверки знаний; 5. Создавать новые КОС, а также вносить изменения в существующие базы знаний.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

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

ЗАМЕНА МАСЛА FURQUEL ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ АЭС

Масло Furquel используется на некоторых АЭС России. Данное масло применяется в системах регулирования и обеспечивает эффективную работу оборудования в условиях высоких температур.

Однако, поставки в Россию данного вида масла прекращены вследствие вредного воздействия на обслуживающий персонал.

Также по опыту эксплуатации масла можно увидеть, что Furquel нестабилен и может резко потерять свои полезные качества (рис.1).

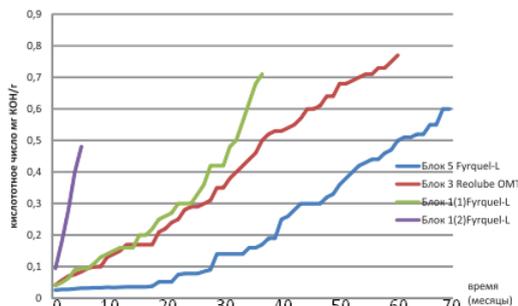


Рис. 1. График изменения кислотного числа масла

Для полной замены данного вида масла в системах требуется найти или создать ничем не уступающее или даже превосходящее масло как по эффективности, так и с экологической точки зрения.

Обзор данных различных станций показывает, что имеются готовые неплохие масла для замены. Но из-за различного оборудования и изначального проекта блока эти масла придется дорабатывать.

Основная цель нашего исследования – определить оптимальные режимные параметры работы для нового вида масла, а также возможные изменения конструктивных решений существующего оборудования.

Библиографический список

1. РД ЭО 1.1.2.05.0444-2016 «Требования к эксплуатации, организации и проведению испытаний трансформаторных и турбинных масел на атомных электростанциях».
2. Журавлев С.К. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТУРБИННЫХ МАСЕЛ НА ФИЛИАЛЕ «СУРГУТСКАЯ ГРЭС-2» ОАО «Э.ОН РОССИЯ»

*Скворцов А.Д., студ.; рук. Г.В. Булавкин, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДРЕНАЖНОГО БАКА ПТУ К-1000-60/3000

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Очевидно, что тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Технологическая система дренажного бака (ТС ДБ) предназначена для сбора дренажей высокого и низкого давления. В состав ТС ДБ входят: 1. Расширитель дренажей; 2. Расширитель пусковых дренажей; 3. Сепаратор влаги второго отбора; 4. Дренажный бак; 5. Дренажные насосы; 6. Охладитель выпара; 7. Расширительный бак. Для выравнивания давления дренажных потоков; 8. Трубопроводы, служащие технологическими связями, и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; 9. КИП и средства автоматики и защиты, предназначенные для контроля работы ТС и автоматизации технологического процесса.

ТС ДБ связана со всеми ТС ЭБ АЭС, пуск которых связан с прогревом трубопроводов и оборудования, а останов с их опорожнением, а также с ТС отбора проб.

К тестированию приняты режимы нормальной эксплуатации ТС ДБ: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Разработка тестовой программы производится в системе «Аттестат». Она позволяет: 1. Устанавливать для каждой категории обучаемых персональный объем знаний и состав изучаемых в соответствии с требованиями программы обучения и/или должностной инструкции; 2. Организовывать проведение групповых и индивидуальных занятий с указанием сроков и времени занятий, объема и последовательности изучаемого материала, режима подачи учебного материала, необходимости включения входного, промежуточного и выходного контроля знаний; 3. Обеспечить самостоятельную работу обучаемых лиц с учебным материалом; 4. Проводить различные виды проверки знаний; 5. Создавать новые КОС, а также вносить изменения в существующие базы знаний.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

*Скворцов А.Д., студ.; рук. Г.В. Булавкин, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, г.Иваново)*

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДРЕНАЖЕЙ МАШЗАЛА И БНС ПТУ К-1000-60/3000

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Очевидно, что тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

Дренажная система машзала предназначена для откачки дренажных вод из приямков и обеспечения нормальной работы основного оборудования в целом во всех режимах работы.

Дренажная система БНС предназначена для откачки воды из дренажных приямков и аванкамер БНС.

В состав ТС ДМ и БНС входят: 1. Насосы откачки дренажных вод. Предназначены для откачки дренажей из дренажных приямков. В машзале и БНС установлены по три дренажных насоса; 2. Дренажные приямки; 3. Трубопроводы, служащие технологическими связями, и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; 4. КИП и средства автоматики и защиты. Предназначены для контроля работы системы и автоматизации технологического процесса.

ТС ДМ и БНС связаны со всеми ТС ЭБ АЭС, где возможны утечки рабочего тела, а также с ТС стоков и циркулоснабжения.

К тестированию приняты режимы нормальной эксплуатации ТС ДМ и БНС: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Разработка тестовой программы производится в системе «Аттестат». Она позволяет: 1. Устанавливать для каждой категории обучаемых персональный объем знаний и состав изучаемых в соответствии с требованиями программы обучения и/или должностной инструкции; 2. Организовывать проведение групповых и индивидуальных занятий с указанием сроков и времени занятий, объема и последовательности изучаемого материала, режима подачи учебного материала, необходимости включения входного, промежуточного и выходного контроля знаний; 3. Обеспечить самостоятельную работу обучаемых лиц с учебным материалом; 4. Проводить различные виды проверки знаний; 5. Создавать новые КОС, а также вносить изменения в существующие базы знаний.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

*Скворцов А.Д., студ.; рук. Г.В. Булавкин, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, г.Иваново)*

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ПТУ К-1000-60/3000

Тестирование знаний специалистов по различным технологическим системам (ТС) ядерного энергоблока – один из важнейших этапов подготовки персонала на АЭС. Очевидно, что тестирование знаний является одним из необходимых и эффективных способов обучения студентов.

ТС теплофикационной установки (ТС ТФУ) предназначена для подогрева сетевой воды, поступающей на промышленную площадку АЭС паром нерегулируемых отборов паровой турбины (ПТ) ЭБ АЭС.

В состав ТС ТФУ входят: 1. Два основных подогревателя сетевой воды (ПСВ) 1 ступени; 2. Два основных ПСВ 2 ступени; 3. Два пиковых ПСВ; 4. Два сетевых насоса; 5. Два конденсатных насоса; 6. Трубопроводы, служащие технологическими связями, и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; 7. КИП и средства автоматизации и защиты, предназначенные для контроля работы системы и автоматизации технологического процесса.

ТС ТФУ связана со следующими ТС ПТУ: 1. Паропроводов отборов из ПТ; 2. Паропроводов собственных нужд; 3. Основного конденсата; 4. Регенерации низкого давления; 5. Вакуумной системы; 6. Циркуводоснабжения; 7. Дренажного бака; 8. Химочищенной воды.

К тестированию приняты режимы нормальной эксплуатации ТС ТФУ: 1. Подготовка к пуску; 2. Пуск; 3. Работа на мощности; 4. Останов; 5. Вывод в ремонт.

Разработка тестовой программы производится в системе «Аттестат». Она позволяет: 1. Устанавливать для каждой категории обучаемых персональный объем знаний и состав изучаемых в соответствии с требованиями программы обучения и/или должностной инструкции; 2. Организовывать проведение групповых и индивидуальных занятий с указанием сроков и времени занятий, объема и последовательности изучаемого материала, режима подачи учебного материала, необходимости включения входного, промежуточного и выходного контроля знаний; 3. Обеспечить самостоятельную работу обучаемых лиц с учебным материалом; 4. Проводить различные виды проверки знаний; 5. Создавать новые КОС, а также вносить изменения в существующие базы знаний.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС.
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС.

*Т.С. Сабурина, Н.О. Заузолкова, А.М. Самойлов; рук.
В.В. АНДРЕЕВ, д.т.н., проф.
(НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Н. Новгород)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗНОРОДНЫХ ЗАСЫПНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время проводится множество исследований, посвященных гидравлическим испытаниям различного технологического оборудования, в частности, для ядерных энергетических установок. Прослеживаются тенденции в проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по определению оптимальных гидравлических характеристик активных зон реакторных установок с шаровыми ТВЭЛ, фильтрующего оборудования с засыпными элементами, теплообменников со змеевиками малого радиусагиба и др.

Учитывая разнообразие материалов пористых структур, применяемых в описанных выше единицах техники, необходимо убедиться в применимости имеющихся в настоящее время универсальных зависимостей для определения гидравлического сопротивления таких структур [1].

В лаборатории теплогидравлики кафедры «Ядерных реакторов и энергетических установок» НГТУ им. Р.Е. Алексеева находится стенд для проведения гидравлических испытаний. Установка представляет собой замкнутую трассу циркуляции, состоящую из насоса, экспериментального участка, представляющего собой емкость с штуцером для загрузки и выгрузки засыпных элементов (на входе и выходе экспериментального участка установлена сетка). Для измерения перепада давления на экспериментальном участке используется дифференциальный манометр. Расход среды измеряется турбинным расходомером.

В качестве объекта исследования выступали пластиковые и свинцовые шаровые элементы диаметром 6 мм. Было получено, что в области относительно больших значений критерия Рейнольдса (более 4000) имеется достаточно точная корреляция опытных данных с теоретической зависимостью, приведенной в [1] для обоих рассмотренных материалов.

Библиографический список

1. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям [Текст] / И. Е. Идельчик ; под ред. М. О. Штейнберга. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1992. - 671, [1] с. : ил.; 24 см.; ISBN 5-217-00393-6 (В пер.)

*Е.И. Потапов, Д.М. Сумка, студ.; рук. Н.А.Лонишаков, к.т.н, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ АЭС

Водоструйные эжекторы (основные и пусковые) применяются для создания и поддержания вакуума в конденсаторе. На большинстве отечественных установок применяется разомкнутая схема включения эжекторов (вода подаётся из напорного насоса циркуляционного водоснабжения, а паровоздушная смесь сбрасывается в сливной канал) вследствие своей упрощенности. В ходе длительной эксплуатации подобного рода систем был выявлен следующий недостаток: вода (рабочее тело в водоструйном эжекторе) берётся из водоёма, из-за чего зачастую происходит засорение отложениями проточной части самого эжектора. Из-за этого нарушается работа эжектора и давление в конденсаторе повышается. На сегодняшний день нет единого подхода для решения данной проблемы. В качестве решения проблемы предлагается осуществить замкнутую схему включения эжекторов, при которой рабочее тело циркулирует по замкнутому контуру, исключая при этом контакт с окружающей средой. Разработана схема включения замкнутого контура циркуляции рабочего тела эжекторов для вакуумной системы действующей АЭС. Предложенная схема объединяет в себе следующее оборудование: специальный теплообменник пластинчатого типа, бак-дегазатор и насос от разомкнутой системы. Пластинчатый теплообменник осуществляет охлаждение рабочего тела, тепло от которого предполагается использовать для подогрева основного конденсата. Бак используется в качестве ёмкости для слива и поддержания запаса воды, а в самом баке установлено устройство вакуумной дегазации воды. Теоретические расчёты показывают, что данная модернизация целесообразна. Чистота и пониженная температура рабочей среды повышает не только надёжность эжекторов, но эффективность термодинамического преобразования энергии цикла. Из всего вышеперечисленного следует, что предложенное улучшение вакуумной системы повысит надёжность и экономичность работы всего энергоблока, и АЭС в целом.

Библиографический список

1. Кирсанов И.Н. Конденсационные установки, – М.–Л.: изд-во «Энергия», 1965, – 376 с.

*Рычихин Д.С., Фролов Н.В., студенты;
рук. А.Г. Ильченко, к.т.н., доц.,
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС С РЕАКТОРАМИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Главная особенность проектов современных АЭС – широкое применение пассивных систем безопасности. Эти системы работают на основе естественных физических принципов, не требуют внешнего подвода энергии или управления со стороны оператора. Это повышает надежность и эффективность системы безопасности, поскольку такие системы не подвержены сбоям в работе из-за отключения электропитания или ошибок оператора.

Наиболее важными пассивными системами безопасности АЭС с реакторами ВВЭР-1200 и ВВЭР ТОИ являются пассивные системы аварийного расхолаживания реактора и отвода тепла из гермооболочки при аварийных ситуациях, в том числе с полным обесточиванием станции и авариях с потерей теплоносителя. В их состав входят 2 и 3-х ступенчатые системы гидромембран аварийного охлаждения активной зоны реактора и пассивные системы воздушного расхолаживания, которые позволяют в течение 72-х часов и более отводить тепло от реакторов. Сам реактор в таких ситуациях как полное обесточивание АЭС переводится в режим естественной циркуляции теплоносителя.

Эти системы и ряд других рассчитаны на обеспечение сохранности реактора и его активной зоны в случае максимальной проектной аварии – разрыва трубопроводов главного циркуляционного контура охлаждения реактора. Для предотвращения выхода продуктов деления за пределы АЭС современные энергоблоки снабжаются двойной защитной оболочкой, а также ловушками расплава под активной зоной – на случай возникновения так называемой запроектной аварии (ЗПА).

Также в проекты включены дополнительные технические средства по управлению ЗПА. Это дизель-генераторы с воздушным охлаждением, которые обеспечивают электроэнергией оборудование для контроля и управления аварией. На случай отказа всех источников резервного электроснабжения, включая дизель-генераторы, предусмотрены мотопомпы для подачи воды в реакторную установку и бассейны выдержки. Предусмотренные системы и средства управления запроектными авариями, обеспечивают локализацию радиоактивных веществ в пределах гермооболочки при ЗПА и позволяют минимизировать их последствия.

*Фролов Н.В., Рычихин Д.С., студенты;
рук. А.Г. Ильченко, к.т.н., доц.,
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОТ АТОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА

Широкое использование теплоснабжения от атомных источников тепла (АИТ) может обеспечить значительную экономию органического топлива, а также сулит несомненные экологические преимущества.

При применении нерегулируемых отборов турбин АЭС энергоблоков АЭС большой мощности можно обеспечить теплоснабжение не только пристанционных потребителей, но и крупных городских агломераций. При этом, как показали исследования, эффективным является применение повышенных температурных графиков в транзитных тепломагистралях с размещением пиковых источников тепла в районе теплопотребления.

В России 2/3 территории находится за полярным кругом и развитие этих огромных территорий невозможно без обеспечения энергией.

Ввиду трудностей с доставкой органического топлива в этих отдаленных районах оптимальным вариантом энергоснабжения являются АЭС малой мощности (АСММ). Реакторные установки малой мощности вместе с необходимым вспомогательным оборудованием, в виде законченных модулей заводского изготовления, доставляются к месту сооружения такой АЭС. Такая малая АЭС будет обеспечивать расположенные вблизи нее населенные пункты не только электроэнергией, но и дешевым теплом для отопления.

Современным воплощением этого принципа атомной когенерации стал транспортабельный (плавающий) энергоблок «Академик Ломоносов», оснащенный двумя реакторами КЛТ-40С.

Другим примером блочно-транспортабельной атомной электростанции может послужить проект АТЭЦ «Ангстрем» на базе двухконтурного реактора на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем - эвтектика свинец-висмут. Ее электрическая мощность составляет 6 МВт, мощность теплофикационной установки 14 МВт, степень заводской готовности 100%, кампания 6 лет. Имеются и другие проекты АЭС и АТЭЦ с реакторами малой мощности.

Перспективным направлением является создание специализированных микрореакторов для теплоснабжения тепловой мощностью порядка 5 – 10 МВт, способных работать в течение 20-25 лет без перегрузки активной зоны и без обслуживающего персонала.

*П.А. Минеев, асп.; рук. В.А. Горбунов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ТУРБИНЫ С ВЛАЖНЫМ ПАРОМ

В настоящее время разрабатывается множество способов оценки и прогнозирования энергетической эффективности различного рода оборудования, в том числе и паровых турбин. К основным способам можно отнести построение математических моделей и нейросетевое моделирование. В обоих случаях модели необходимо проверять на правильность выполнения расчета – производить их верификацию [1]. Для этих целей может служить традиционный инженерный расчет турбины. Однако, для сопоставления моделей с расчетом, необходимо произвести расчет большого количества режимов (минимальным набором для паровой турбины является минимальный, номинальный, максимальный режимы и режим при частичной нагрузке), что требует большое количество времени. Таким образом, разработка автоматизированного расчета является особенно актуальной.

Цель работы заключается сокращение времени расчета паровой турбины путем разработки автоматизированного расчета.

Основными методическими рекомендациями, используемыми в ходе расчета являются: Б.Э. Капелович «Тепловой расчет паровых турбин» [2], А.Д. Трухний «Стационарные паровые турбины» [3].

Предварительный расчет для создания алгоритма осуществляется с использованием электронных таблиц MS Excel, затем расчет планируется сформировать в виде отдельной программы с визуальным интерфейсом.

В ходе работы составлен автоматизированный расчет паровой турбины К-1000-60/1500 для последующего использования его выходных данных для верификации нейросетевой модели турбины.

Библиографический список

1. Горбунов В.А. Использование нейросетевых технологий для повышения энергетической эффективности теплотехнологических установок / ФГБОУВПО «ИГЭУ В.И. Ленина». – Иваново, 2011.– 476 с.
2. Капелович Б.Э. Тепловой расчет паровых турбин/ ИвГУ, ИЭИ. – Иваново: ИвГУ, 1986. – 80 с.
3. Трухний А.Д. Стационарные паровые турбины. – 2-е из. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 640 с.

*П.А. Минеев, асп.; рук. С.Г. Андрианов, д.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АСПЕКТЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ПТУ АЭС НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Цель работы заключается в выявлении и исследовании проблем, возникающих при выполнении динамического теплового расчета паротурбинной установки (ПТУ) АЭС в условиях реальной эксплуатации на основе данных, получаемых в реальном времени из систем АЭС.

Множество параметров, такие как расходы пара и воды, влажность пара, температуры и давления в каждый момент времени, не могут быть измерены напрямую по тем или иным причинам. Поэтому вопрос об автоматизированном расчете их на базе других связанных параметрах является особенно актуальным.

В ходе поиска и определения недостающих параметров в условиях АЭС возникают некоторые проблемы:

1. Невозможность прямого определения параметров среды в отборах с влажным паром – влажность, как правило, не измеряется, а показателей температуры и давления недостаточно;
2. Сложность определения переключений на схеме, которые могут оказывать значительное влияние на уравнения балансов;
3. Невозможность прямого определения параметров среды после сепаратора – сепаратор выполняется в одном корпусе с пароперегревателем, который не предусматривает измерение влажности пара;
4. Сложность оценки исправно приборов учета параметров, используемых в балансовых уравнений – зачастую погрешности этих приборов могут выходить за допустимые диапазоны.

Таким образом, в ходе исследования были выявлены четыре основные аспекта динамического теплового расчета ПТУ АЭС на основе экспериментальных данных. При реальном расчёте могут быть рекомендованы следующие базовые решения: для п.1 – поиск значений параметров в отборах (энтальпий, энтропий) путем построения процесса расширения пара в h/s диаграмме с использованием внутренних относительных КПД цилиндров из нормативных энергетических характеристик турбин, для п.2,4 – подробный сбор исходной информации на станции, для п.3 – определение влажности из паспортных характеристик СПП.

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

РАБОТА АЭС С РЕАКТОРАМИ ВВЭР НА МОЩНОСТИ – 110%

Работа АЭС с реакторами ВВЭР-1000 на мощности 110%, как показали проведенные исследования, возможна, но требует строгого соблюдения норм безопасности и дополнительных мер по контролю параметров работы реактора и его компонентов.

Для предотвращения возникновения аварийных ситуаций при работе на повышенной мощности на АЭС необходима модернизация системы контроля и автоматического управления, которые позволяют своевременно обнаружить и устранить любые отклонения параметров реактора от допустимых. Кроме того, при работе реактора на повышенной мощности важно обеспечить правильный режим работы системы охлаждения, чтобы избежать таких явлений как кризис теплоотдачи, перегрев топлива и других элементов реактора.

На Балаковской АЭС, был проведен опыт по повышению мощности до 110% от номинальной мощности реактора ВВЭР-1000.

В ходе модернизации были внедрены новые технологии и оборудование, позволяющие повысить эффективность работы реактора и улучшить его безопасность. В процессе опытной эксплуатации на Балаковской АЭС было установлено, что реактор ВВЭР-1000 может работать на мощности 110% без существенных нарушений режима работы и безопасности. Однако, при работе на повышенной мощности происходило увеличение температуры топлива, что требовало более тщательного контроля и регулирования параметров работы реактора.

В ходе опытной эксплуатации были собраны важные данные о работе реактора и его систем, а также проведен анализ параметров работы реактора на повышенной мощности. Эти данные были затем использованы для улучшения систем контроля и управления реактором, а также для разработки новых рекомендаций по безопасной работе АЭС.

В целом, опыт повышения мощности до 110% на Балаковской АЭС позволил установить, что реакторы ВВЭР-1000 могут работать на повышенных мощностях без существенного ущерба для безопасности и надежности работы АЭС. Однако, при работе на повышенных мощностях необходимо соблюдать строгие нормы и правила безопасности, а также использовать новейшие технологии и оборудование для контроля и управления реактором.

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

АККУМУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА АЭС

Аккумуляция тепловой энергии на АЭС (атомной электростанции) может быть достигнута с помощью теплоаккумуляторов, которые используются для временного хранения тепловой энергии, произведенной реактором. Это позволяет более эффективно регулировать нагрузку и обеспечивает дополнительную гибкость для сети электроэнергетики. Теплоаккумуляторы могут быть основаны на разных принципах и конструкциях, но их основная идея заключается в хранении тепла в теплоемком материале. Один из наиболее распространенных типов теплоаккумуляторов – это системы с использованием, которые используют твердые или жидкие теплоаккумулирующие материалы для хранения и высвобождения тепловой энергии. Примеры таких материалов включают воду, соли и твердые камни. Принцип работы системы теплового аккумулярования (СТА) на АЭС заключается в следующем.

Вода или другой теплоемкий материал нагревается до высокой температуры с помощью тепловой энергии, произведенной реактором.

Эта энергия хранится в теплоаккумуляторе до тех пор, пока не потребуются дополнительная мощность (например, в период прохождения пиков электрических нагрузок в энергосистеме).

В этом случае запасенное в аккумуляторе тепло используется для выработки дополнительной электроэнергии. В настоящее время наиболее проработаны СТА с аккумуляторами вытеснительного типа, в которых используется вода под давлением или высокотемпературный органический теплоноситель.

Существуют и другие виды теплоаккумуляторов, такие как системы с использованием скрытого тепла (например, на основе фазовых переходов материала) и теплоаккумуляторы на основе термохимических реакций. В ряде случаев для аккумулярования энергии может быть эффективным производство водорода в ночной период и его сжигание для получения электроэнергии в часы пиковых нагрузок.

Использование СТА на АЭС может обеспечить гибкость в управлении мощностью, что позволяет лучше адаптироваться к изменениям в спросе на электроэнергию и интеграции с возобновляемыми источниками энергии.

*Р.А. Федорцов, Е.Д. Сапрыкина, студенты;
рук. А.Г. Ильченко, к.т.н., доц.,
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АЭС С РЕАКТОРАМИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

В последнее время во всем мире большое внимание уделяется созданию проектов атомных станций малой мощности (АСММ). Положительный опыт эксплуатации накоплен проектами РНWR-220 (Индия), QR-300 (Китай), а также ЭПГ-6 и КЛТ-40С (Россия).

Применение АСММ для энергоснабжения (электроэнергией и теплом) отдаленных районов, особенно в районах крайнего Севера позволит с высокой степенью эффективности решить многие проблемы малой региональной энергетики.

Можно отметить такие отечественные разработки как ВБЭР-300, СВБР-100, РИТМ-200, а также ядерные энергоустановки на базе так называемых микрореакторов мощностью от 1 до 10 МВт (УНИТЕРМ, Елена-АМ, ГРЭМ) и другие.

Тепловая мощность ВБЭР-300 – 917 МВт. Реактор обеспечивает электрическую мощность энергоблока в конденсационном режиме до 325 МВт, в теплофикационном – около 215 МВт при отпуске тепла в виде горячей воды до 460 Гкал/ч. Реактор СВБР-100 — это свинцово-висмутовый быстрый реактор мощностью 100 МВт многоцелевого применения, обладающий свойствами естественной безопасности.

Водо-водяной ядерный реактор РИТМ-200 имеет тепловую мощность около 175 МВт, что позволяет вырабатывать 55 МВт электрической мощности.

АСММ на базе реакторной установки ШЕЛЬФ-М предназначена для локального энергообеспечения объектов в удаленных районах с неразвитой сетевой инфраструктурой энергоснабжения. Планируемая установленная электрическая мощность – до 10 МВт.

Весьма интересным представляется проект АТСТ "Елена-АМ" с тепловой мощностью 5-7 МВт, предназначен для теплоснабжения. Особенностью этой микроАЭС является использование термоэлектрических генераторов мощностью около 200 кВт, что достаточно для освещения двух-трех небольших отдаленных поселков. Планируемый срок службы станции на одной загрузке топливом - 40 лет. Имеются и другие проекты АСММ.

Интерес к ним со стороны отдельных стран и отраслей промышленности позволяет сделать вывод о том, что малые атомные станции — это перспективное направление развития энергетики.

*К.О. Емельянов, студ., Б.М. Харитонов, асп.;
рук. А.А. Беляков, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЖЕКЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЛАЭС-2 И ОЦЕНКА ПУТЕЙ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

Целью работы является анализ эффективности работы системы вакуумирования конденсатора ЛАЭС – 2, на которой используются водокольцевые насосные агрегаты вместо основных эжекторов.

В ходе исследования были выполнены следующие задачи:

- изучен состав, назначение и технические характеристики оборудования вакуумной системы паровой турбины К-1200-6,8/50;
- проведен обзор исследований по сравнению эжекторов и водокольцевых насосов в качестве системы вакуумирования;
- выполнен расчет принципиальной тепловой схемы с целью оценки затрат на собственные нужды станции для двух схемных решений: с вакуумными насосами и водоструйными эжекторами.

В результате было выявлено, что эжекторы предлагают более низкие капитальные затраты, но водокольцевые насосы более экономичны, имеют большую производительность при работе с большими объемами пара и меньший уровень шума. Расчет экономической эффективности показал увеличение затрат на собственные нужды при использовании схемы с водоструйными эжекторами, а вместе с ними и недополучение прибыли при общем снижении количества откачиваемой паровоздушной смеси с 457,2 кг/ч до 300-400 кг/ч. Эксплуатационные расходы при использовании жидкостно-кольцевых вакуумных насосов оказываются при этом почти в шесть раз меньше. Таким образом, использование водокольцевого насосного вакуумного агрегата вместо эжекторов является более выгодным и эффективным решением, поэтому его использование на новых блоках в полной мере оправдано.

Библиографический список

- 1. Безухов А. П.** К вопросу о выборе воздухоудаляющего устройства, используемого в конденсационной установке, на примере турбоблока Ленинградской АЭС-2 // Актуальные проблемы морской энергетики. – 2020. – С. 197-201.
- 2. Андрианов С.Г.** Расчет тепловых схем атомных электрических станций: учебное пособие / С.Г. Андрианов, А.Г. Ильченко, В.С. Каекин; ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2016. – 96 с.
- 3. Ерченко Г.Н., Безухов А.П.** Воздухоудаляющие устройства конденсационных установок. Учеб. пособие. Санкт-Петербургский институт машиностроения. СПб.: ПИМаш, 1996. – 99 с.

*А.А. Трифонов, студ., Б.М. Харитонов, асп.;
рук. А.А. Беляков, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДПИТКИ И БОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВТОРОГО ЭНЕРГОБЛОКА ЛЕНИНГРАДСКОЙ АЭС-2

В работе произведен анализ системы подпитки и борного регулирования второго энергоблока Ленинградской АЭС-2 на предмет возможности модернизации и поиск элементов, снижающих ее надежность, требующих к себе внимания со стороны персонала.

Предложено 3 различных варианта модернизации: исключение из системы насоса гидроиспытаний, подведение непосредственно к напору подпиточных насосов линии системы чистого конденсата и замена объемных подпиточных насосов «малой» производительности на аналогичные по характеристикам насосы центробежного типа. Приоритет был отдан модернизации группы подпиточных насосов «малой» производительности. Основные характеристики предлагаемого подпиточного насоса указаны в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристики предлагаемого подпиточного насоса «малой» производительности

Тип насоса	центробежный, многоступенчатый, секционный
Количество	3
Производительность, м ³ /ч	15
Напор, м	1800
Мощность, кВт	145
Температура перекачиваемой среды, °С	20-80
Расчетное давление, МПа	17,64
Частота вращения, об/мин	3000

В результате модернизации предполагается увеличение надежности работы системы за счет исключения из нее конструктивно недоработанного элемента, снижение нагрузки на рабочий персонал реакторного цеха, возможность дальнейшей модернизации с сокращением транспортного времени подачи раствора борной кислоты и чистого конденсата в первый контур, увеличение коэффициента резерва оборудования, снижение количества циклов нагружения элементов системы.

Библиографический список

1. А.Ю. Токов «Методы оценки надежности элементов и систем атомных станций. Метод дерева отказов при выполнении ВАБ-0»: учеб. пособие / А.Ю. Токов, Д.Н. Магницкий - УИУНЛ ИГЭУ, 2021. – 45 с.
2. Ломакин А. А. Центробежные и осевые насосы. – М.: Машиностроение, 1966. – 364 с.

*Н.В. Zubov, студ., Филатов В.В., асп.;
рук. А.А. Беляков, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АНАЛИЗ СХЕМЫ СЕПАРАЦИИ ПАРА С КАСКАДНЫМ СЛИВОМ ДРЕНАЖЕЙ СТУПЕНЕЙ ПРОМПЕРЕГРЕВАТЕЛЯ

При каскадном сливе дренажей ступеней промперегревателя дренаж второй ступени поступает в расширитель, после которого пар, образовавшийся в результате уменьшения давления, объединяется с греющим паром первой ступени, а оставшийся конденсат — с дренажом первой ступени.

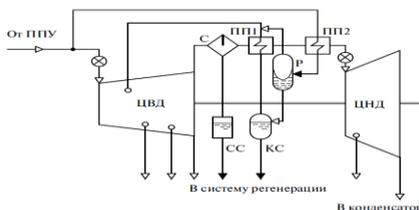


Рис.1 Схема с каскадным сливом дренажей: Р-расширитель, СС-сепаратосборник, КС-конденсатосборник.

Таблица 1-Результаты расчета для тепловой схемы турбоустановки К-500-5,9/30

Схема	$W_{э}$, МВт	КПД брутто, %	Расход пара в конденсатор, кг/с	Расход пара на турбину, кг/с	Расход теплоты на турбоуста- новку, МВт
С расшири- телем	550	32,4	418,787	855,174	1543,02
Без расшири- теля	550	32,49	418,487	852,959	1534,9

Наличие расширителя дренажа приводит к уменьшению КПД брутто, однако уменьшение суммарной металлоемкости может привести к увеличению общей экономичности АЭС.

Библиографический список

1. Зорин В.М.. Атомные электростанции: учебное пособие -М.: Издательский дом МЭИ, 2012.-672 с.: ил.

Зубов Н.В., студ., Филатов В.В., асп.;
рук. Беляков А.А., к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ЭЛЕКТРОЯДЕРНЫЕ УСТАНОВКИ ТРАНСМУТАЦИИ ДЛЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Электроядерные установки трансмутации радиоактивных отходов являются перспективным и эффективным решением проблемы ядерного загрязнения. Они позволяют превратить высокоактивные отходы в менее опасные и уменьшить их время распада. Кроме того, электроядерные установки могут производить электроэнергию, что делает их возможное серийное производство привлекательным в будущем. Преимущества электроядерных установок, управляемых ускорителем, - возможность исключения некоторых аварий, потенциально опасных для ядерных реакторов. Глубокая подкритичность позволяет избежать реактивных аварий. Подкритические системы в отличие от ядерного реактора имеют гораздо более низкую рабочую температуру, что исключает аварии, связанные с ухудшением условий теплоотвода. Безопасность таких систем фактически определяется безопасностью ускорителя.

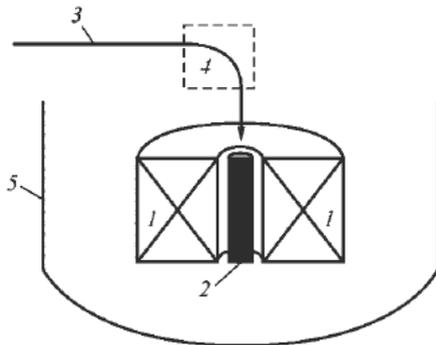


Рис.1. АДС на базе быстрого реактора: 1 - активная зона; 2 - мишень; 3 - пучок заряженных частиц; 4 – магнитные системы, отклоняющие пучок; 5 - корпус реактора

Библиографический список

1. Окунев, Вячеслав Сергеевич. Основы прикладной ядерной физики и введение в физику ядерных реакторов: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Окунев. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. - 534, с.

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

ПАССИВНЫЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА БЛОКАХ С РЕАКТОРАМИ ВВЭР-1200

Главной особенностью проекта ВВЭР-1200 является уникальное сочетание активных и пассивных системы безопасности, делающих станцию максимально устойчивой к внешним и внутренним воздействиям.

Реализовано 3 системы пассивной безопасности: система пассивного отвода тепла, система пассивной фильтрации и устройство локализации расплава.

Система пассивного отвода тепла (СПОТ) является защитной системой безопасности, основанной на пассивном принципе действия, обеспечивающей отвод остаточных тепловыделений от активной зоны реактора через второй контур. СПОТ обеспечивает непрерывный отвод остаточных тепловыделений при авариях, протекающих с отказом каналов системы аварийного расхолаживания парогенераторов (активной системы безопасности) при наличии нормального или аварийного электропитания, при запроектных авариях с потерей всех источников электроснабжения переменного тока. При этом, в соответствии с проектом, СПОТ вступает в работу через 30 секунд после потери всех источников электроснабжения переменного тока. Теплообменники СПОТ соединены с парогенераторами непосредственно трубопроводом и находятся в режиме ожидания под параметрами парогенераторов.

Система пассивной фильтрации работает при авариях, в которых имеет место потеря всех источников переменного тока, активная система вентиляции не может выполнять своей функции, что может привести к образованию неконтролируемых протечек радиоактивной среды из-под защитной оболочки на территорию станции.

Устройство локализации расплава предназначено для локализации тяжелой запроектной аварии, обеспечивая прием, размещение и охлаждение расплава активной зоны (кориума) в ограниченном пространстве под днищем корпуса реактора на внекорпусной стадии локализации запроектной аварии. Повышение безопасности достигается за счет исключения выхода жидких и твердых радиоактивных материалов за пределы УЛР, чем обеспечивается исключение повреждения системы герметичного ограждения зоны локализации аварий.

*С. С. Теплякова, асп.; рук. В.А. Горбунов, д.т.н., доц.
(ИГЭУ, г.Иваново)*

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПОДОГРЕВА ВОДЫ

Системы регенеративного подогрева воды включают в себя: подогреватели низкого давления, деаэрактор, подогреватели высокого давления и перекачивающие конденсатные и питательные насосы [1].

Анализ энергетической арматуры, пропускной способности регулирующих органов показал, что снижение гидравлических потерь в трубопроводах и выбор оптимальных расходных характеристик регулирующей арматуры, может привести к повышению эффективности работы систем регенеративного подогрева воды.

В работе [2] изложены возможные способы снижения гидравлического сопротивления. К ним относятся: модификация параметров внутренних стенок труб, физическое влияние на поток жидкости, изменение свойств жидкости. По мнению авторов, способ, в основе которого лежит управление свойствами перекачиваемых жидких сред является наиболее реализуемым и не требует существенных конструктивных изменений в действующие трубопроводы.

Большинство выявленных научных публикаций и патентов на изобретения показали, что необходимы расчеты по определению гидравлического сопротивления, а также ранжирование параметров, которые значительно влияют на его изменение. В работе [3] проведен дисперсионный анализ и выявлено три основных параметра, влияющих на гидравлическое сопротивление: внутренний диаметр, длина и сумма коэффициентов местных сопротивлений.

Библиографический список

- 1. Теплякова, С. С.** Анализ путей повышения эффективности систем регенеративного подогрева воды // Энергия-2022: Семнадцатая всероссийская (девятая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: Материалы конференции. В 6-ти томах, Иваново, 11–13 мая 2022 года. Том 2. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2022. – С.41.
- 2. Зайцев Е.И.** Снижение гидравлических потерь при течении жидкостей в напорных трубопроводах / Е. И. Зайцев // – 2021. – Т. 1, № 13. – С. 197-202.

*В.И. Котков, студ.; рук. М.А. Вольман, к.т.н.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ АКТИВНЫХ ЗОН АЭС

Сейчас базовым ядерным топливом на АЭС является ТВС (тепловыделяющие сборки), которые содержат твэлы. Оболочка твэлов состоит из сплавов на основе циркония. При их разрыве вода вступает в реакцию с цирконием, выделяется водород и много тепла. Это очень опасно, поэтому для большей безопасности эксплуатации АЭС необходимо найти замену материалов для оболочек твэлов.

Есть три пути решения этой проблемы:

1. Сохранение циркония:
 - изменения структурно-фазового состояния его поверхности;
 - создание защитных покрытий;
2. Замена циркония материалами, которые при реакции с водой выделяют меньше тепла и водорода.
3. Создание многослойных оболочек твэлов;

В первом случае рассматривают три вида покрытий: хромовые, МАХ-фазные и стальные. Самым перспективным является МАХ-фазное, которое получается путем соединения переходных металлов (циркония, хрома, титана) с алюминием и кремнием.

При замене циркония также есть несколько решений: сплав Fe-Cr-Al, стальные, молибденовые и композитные. Сейчас активно работают над композитами, т.к. там много природных недостатков, при устранении которых будет очень хороший вариант для замены циркония.

Сегодня интерес представляет не замена циркония, а изменения структурно-фазового состояния его поверхности с созданием защитного слоя.

Библиографический список

1. О. Л. Ташлыков. Основы ядерной энергетики : учебное пособие / О.Л. Ташлыков. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 212 с. ISBN 978-5-7996-1822-3

*И.С. Егорова, студ.; рук. М.А. Вольман, к.т.н.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ФОРМИРОВАНИЕ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ БУДУЩИХ РАБОТНИКОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Термин «культура безопасности» впервые появился в итоговом докладе Международной консультативной группы по ядерной безопасности (МКГЯБ) на совещании по аварии в Чернобыле. МКГЯБ приводит следующее определение культуры безопасности: «Культура безопасности – это такой набор характеристик и особенностей деятельности организаций и поведения отдельных лиц, который устанавливает, что проблемам безопасности, как обладающим высшим приоритетом, уделяется внимание, определяемое их значимостью»^[3].

Проблема безопасности актуальна на каждом производстве. Приходя на АЭС молодых специалистов обучают основам культуры безопасности уже непосредственно на производстве. А что если начинать подготовку по основным компетенциям безопасности непосредственно в ВУЗах?

Целями Госкорпорации «Росатом» в области культуры безопасности являются формирование и развитие особенностей деятельности организаций и поведения сотрудников, которые направлены на обеспечение высокого уровня безопасности, защиту людей и окружающей среды. Руководство Госкорпорации призывает работников, руководителей организаций атомной отрасли и взаимодействующих с ними подрядных организаций соблюдать принципы политики Культуры Безопасности и непосредственно участвовать в ее реализации.

Стоит рассмотреть возможность вовлеченности будущих работников АЭС в деятельность по формированию безопасности и поддержки ее возможными способами. Необходимо обеспечить понимание каждым студентом влияния его будущей деятельности на безопасность, а также осознание возможных последствий, к которым может привести невыполнение установленных требований. Закладывая основы безопасного ведения производства еще на стадии обучения в ВУЗах будущих специалистов, мы повышаем уровень безопасности на станции в целом.

Библиографический список

1. «Основы культуры безопасности и ее развитие» <http://book.sarov.ru/wp-content/uploads/2022/10/Prombezopasnost-20-4.pdf>
2. «Единая отраслевая политика» http://www.niiar.ru/sites/default/files/politiki_v_oblasti_kb.pdf
3. http://www.nwatom.ru/images/Documents/Politika_bezopasnosti_Rosatom.pdf

Е.Е. Павлова, А.А. Соколов, И.С. Проворов студ.;
рук. М.А. Вольман, к.т.н.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ЗАМКНУТЫЙ ЯДЕРНЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ

Неизменно актуальными являются вопросы, связанные с дефицитом энергоресурсов и удовлетворением неуклонно растущего спроса на энергию. Эксперты в данной тематике отмечают, что решение топливной проблемы возможно при условии замены органического топлива ядерным во всех областях потребления энергии. Именно ядерная энергетика может обеспечить возрастающее энергопотребление общества на обозримый период при условии замыкания ядерного топливного цикла.

Помимо более эффективного использования природного урана, ЯТЦ решает проблему хранения отработанного ядерного топлива и жидких радиоактивных отходов.

В данной работе представлен анализ перспективных технологических направлений, связанных с замкнутым ядерным топливным циклом. В частности, рассмотрен один из ключевых и масштабных инновационных проектов мировой ядерной энергетики, осуществляемый в России – проект «Прорыв». Создание инновационных реакторов и новых технологий, предусмотренное проектом, позволят сделать атомную энергетику будущего фактически возобновляемой и практически безотходной в производственной цепочке. Рассмотрены основные характеристики, преимущества и недостатки двух типов быстрых реакторов: со свинцовым теплоносителем (опытно-демонстрационный БРЕСТ-ОД-300 и БР-1200) и с натриевым теплоносителем (БН-1200).

Настоящая работа выполнялась с целью отражения ключевых отличий между принятыми для исследования сценариями развития ЯТЦ в России с точки зрения экономики, ресурсного обеспечения и вопросов обращения с ОЯТ и РАО.

Библиографический список

1. Отраслевое издание госкорпорации «Росатом» 2010-2023
2. Росатом Госкорпорация URL: <https://rosatom.ru/index.html>
3. Проект «Прорыв» [Электронный ресурс] URL: <https://proryv2020.ru/>
4. Каширский А.А. «Сравнение материального баланса и экономики различных сценариев развития инновационных ЯТЦ»

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

МАНЕВРЕННЫЙ ЭНЕРГОБЛОК ВВЭР С АККУМУЛЯТОРАМИ ТЕПЛА

Одним из наиболее эффективных способов привлечения АЭС к регулированию нагрузки является применение систем теплового аккумулирования **СТА**, обеспечивающих базовый режим ЯР и ПГ при работе станции с переменной электрической мощностью. Аккумуляторы тепловой энергии накапливают её в период низкого потребления и отдают в период высокого потребления, чем существенно сглаживают пики потребления электроэнергии. **СТА** позволяет при постоянной тепловой мощности реактора менять электрическую мощность ПТ. Установка аккумуляторов энергии позволяет АЭС участвовать в режиме регулирования частоты в сети.

Способ масштабного аккумулирования энергии выбран с аккумулированием горячей воды под давлением при раздельном хранении горячей и холодной воды в режимах разряда и заряда. Основное оборудование для маневренного энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1000 и **СТА**: турбоустановка К-1000-60/3000 с генератором ТВВ-1200-2УЗ. Принцип работы системы теплового аккумулирования с раздельным хранением сред в аккумуляторе питательной воды **АПВ** и блоке холодного конденсата **БХК**.

Учтены особенности турбоустановки в режимах накопления энергии и использования накопленной энергии, приведены расчеты тепловой схемы ПТУ на режимы разряда и заряда для **СТА** с частичным и полным замещением регенерации, построены регулировочные характеристики **СТА** для разного замещения, рассчитано влияние **СТА** на годовую выработку АЭС. На начальном этапе применения АЭС с **СТА**, рекомендуется **СТА** с неполным замещением регенерации, как дешевый и надежный вариант. Приняты однокамерные цилиндрические корпуса **АПВ** из предварительно напряженного железобетона **ПНЖБ**, стальные цилиндрические корпуса **БХК**. Размещение данного оборудования принято со стороны водохранилища.

Библиографический список

1. Воронков М.Е., Чаховский В.М., Токов А.Ю.. Аккумуляторы тепла на АЭС. Москва : Изд-во НИИ им. Г. М. Кржижановского, 1984. - 396, с.

*С. С. Теплякова, асп.; рук. В.А. Горбунов, д.т.н., доц.
(ИГЭУ, г.Иваново)*

АНАЛИЗ КОЭФФИЦИЕНТОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПОДОГРЕВА ВОДЫ

Системы регенеративного подогрева воды включают в себя: подогреватели низкого давления, деаэратор, подогреватели высокого давления и перекачивающие конденсатные и питательные насосы.

Анализ возможности повышения энергетической эффективности системы регенеративного подогрева АЭС, а именно системы регенерации высокого давления является целью исследований. Объектом анализа являлась система подогревателей высокого давления, которая предназначена для работы в составе турбоустановки мощностью 1000 МВт с турбиной К-1000-60/3000.

В ходе работы выполнен анализ экспериментальных параметров системы регенерации высокого давления (системы регенеративного подогрева воды). Проведена оценка степени их влияния на эффективность работы системы на основе разработанной методики, включающей в себя комплекс многомерных статистических методов: кластерный и факторный анализ в программном пакете Statistica [1].

В качестве целевой функции выбраны коэффициент изменения мощности (КИМ) и коэффициент ценности теплоты (КЦТ) [2]. Коэффициенты используются для определения дополнительной мощности, развиваемой турбиной на тепловом потреблении за счет отборов на подогрев теплоносителей на *i*-м участке схемы установки и за счет регенеративного подогрева конденсата этого пара.

Результаты, полученные для системы регенерации высокого давления, показали высокую верификацию. Путем исследования выявлен ряд параметров, существенно влияющих на целевую функцию и эффективность эксплуатации системы регенерации высокого давления (системы регенеративного подогрева воды).

Библиографический список

1. Методика оценки влияния эксплуатационных параметров на работу турбопитательного насоса / В. А. Горбунов, С. С. Теплякова, Н. А. Лоншаков [и др.] // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2022. – № 4. – С. 14-23. – DOI 10.17588/2072-2672.2022.4.014-023.
2. Шаронов В. И. О выборе методов определения удельной выработки электроэнергии на тепловом потреблении / В. И. Шаронов, П. Б. Пазушкин // Труды Академэнерго. – 2007. – № 3. – С. 69-85.

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

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАССОВЫХ РАДИОПРОТЕКТОРОВ

Радиационная безопасность является крайне важной темой, особенно в свете развития ядерных технологий и ухудшения геополитической обстановки. Ионизирующее излучение может нанести серьезный вред экологии и здоровью людей. Существующие военные и гражданские радиопротекторы недоступны для массового потребителя, имеют высокую стоимость, могут вызывать негативные побочные эффекты.

Механизмы действия радиопротекторов: 1. Изменение радиочувствительности макромолекул тканей организма. 2. Блокирование образования свободных радикалов. Связывание/разрушение свободных радикалов и активных продуктов радиолитической воды 3. Стимулирование защитных и регенеративных механизмов организма. 4. Защита ДНК.

Существуют препараты, изменяющие радиочувствительность макромолекул тканей организма, но они либо недоступны для массового потребителя, либо имеют недостаточно доказанный радиозащитный эффект. Препараты, стимулирующие защитные и регенеративные механизмы, а также препараты, защищающие ДНК от действия свободных радикалов недоступны для массового потребителя.

Вероятнее всего перспективные массовые радиопротекторы будут препятствовать образованию свободных радикалов или способствовать их разрушению, т.е. окажутся антиоксидантами.

Среди веществ содержащих антиоксиданты, наиболее перспективными радиопротекторами могут быть: йод, селен, витамин С, витамин Е, цистеин, облепиха, поваренная соль, кофеин, полифенолы, шалфей, куркума, карнозин, гистидин, красный клевер.

Библиографический список

1. **Кудряшов, Ю. Б.** Радиационная биофизика (ионизирующие излучения) : учебник для студентов высших учебных заведений/ Ю. Б. Кудряшов; под ред. В. К. Мазурика, М. Ф. Ломанова; МГУ им. М. В. Ломоносова. - Москва : Физматлит, 2004 (Вологда : ПФ Полиграфист). - 442 с. : ил.

*А.И. Бакин студ.; рук. В.Г. Работает, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ ТУРБОАГРЕГАТОВ АЭС ПРОИЗВОДСТВА ХТГЗ ЗА СЧЕТ ЗАМЕНЫ ПАРОСТРУЙНЫХ ЭЖЕКТОРОВ НА ВОДОКОЛЬЦЕВЫЕ ВАКУУМНЫЕ НАСОСЫ

На подавляющем большинстве отечественных турбоагрегатов устанавливаются струйные насосы для набора и поддержания вакуума в конденсационной установке турбины. Такая система поддержания вакуума в конденсаторе является крайне надежной за счет конструкции струйных насосов – в них отсутствуют какие-либо подвижные части, но КПД подобных установок крайне низкий.

На данном этапе развития машиностроения появились новые обеспечивающие системы, имеющие большую производительность и большую эффективность в сравнении с эжекторными установками. Такими агрегатами являются водокольцевые вакуумные насосы (ВКВН).

Замена основных и пускового эжекторов на ВКВН приводит к увеличению эффективности термодинамического цикла. Для расчета был взят 1 блок Калининской АЭС, на котором установлена турбоустановка К-1000-60/1500-1. Расчет производился для стационарного режима работы турбины, ТФУ не в работе. Основные эжектора ЭПО-3-150 заменены на ВКВН ERSTEVAK ELRS-42-112. Прирост КПД нетто для модернизированной системы составляет $\Delta\eta \sim 0,047\%$. Дополнительно вырабатываемая мощность составила $\Delta W_{\text{нетто}} = 1,471$ МВт. Дополнительная выработка электроэнергии в год составила 10297 МВт·ч. Капитальные затраты на проведение модернизации составили $K = 14\,678\,670$ руб. Срок окупаемости данного решения составляет чуть более 1 года.

По итогам проведенного анализа на примере 1 блока Калининской АЭС можно сделать вывод, что замена пароструйных эжекторов, на водокольцевые вакуумные насосы является выгодной модернизацией, которая позволяет получить дополнительную выгоду за счет увеличения КПД всей турбоустановки, вытекающей в дополнительный денежный эффект.

Библиографический список

1. Ривкин, С.Л. Теплофизические свойства воды и водяного пара / С.Л. Ривкин, А.А. Александров. – М.: Энергия, 1980. – 423 с.
2. Конденсационная установка УМ.12.43.11.SD.21: учеб. пособие для работников станции / КЛнАЭС. – Удомля, 2012. – 114 с.
3. Андрианов, С.Г. Расчет тепловых схем атомных электрических станций: учеб. пособие / С.Г. Андрианов, А.Г. Ильченко, В.С. Каёкин. – ИГЭУ. – Иваново 2016. – 96 с.

*Д.В. Степанычев, студ., рук.: С.Г. Андрианов, к.т.н, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАСЧЕТ СТОИМОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА НА КОЛЬСКОЙ АЭС С ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ УСТАНОВКОЙ МОЩНОСТЬЮ 10 МВТ

Опираясь на основные производственные показатели Кольской АЭС за 2021 год, были рассчитаны необходимая валовая выручка:

$$НВВ = 8479,4 \text{ млн.руб.};$$

Средний тариф по отпуску электрической энергии:

$$T_{э.э.} = 86,16 \text{ коп/МВт} \cdot \text{ч};$$

Тарифная ставка за мощность

$$T_m^{\sigma} = 360261,7 \text{ р/(МВт} \cdot \text{мес)};$$

Причем тарифная ставка за мощность с приемлемой погрешностью совпадает с реальными данными на 2021 г., что позволяет нам на основе проведённых расчетов проводить дальнейшую оценку стоимости.

Комплекс по генерации и хранению водорода и кислорода включает в себя электролизные установки мощностью 10 МВт, дожимные и компрессорные установки водорода и кислорода, предназначенные для подачи и забора газов из системы хранения, наземные емкости хранения объемом 800 м³.

Для расчёта капиталовложений в электролизные и дожимные установки использовались аппроксимационные зависимости. [1]

Величина капиталовложений в комплекс с учетом строительно-монтажных работ, обвязки автоматикой, транспортных, заготовительных и складских работ, а также прочего оборудования:

$$K = 836,1 \text{ млн.руб.}$$

Тариф по продаже водорода без учета кислорода:

$$T_{H_2} \approx 170 \text{ руб/кг.}$$

Данный вариант получения водорода сопоставим по себестоимости получения водорода со способом паровой конверсии метана, так же необходимо учитывать тот факт, что в данном расчёте не учитывалась стоимость произведённых 3,129 млн. нм³ O₂.

Библиографический список

1. Комбинирование водородных энергетических циклов с атомными электростанциями / Р.З. Аминов, А.Н. Байрамов; Саратовский научный центр РАН. – М. : Наука, 2016. – 254 с. – ISBN 978-5-02-039956-3.
2. Расчет регулируемого тарифа по отпуску электрической и тепловой энергии от АЭС / Ю.Ф. БИТЕРЯКОВ; ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – УИУНЛ ИГЭУ, 2021.

СЕКЦИЯ 10
ТЕПЛООБМЕН В ПРОМЫШЛЕННЫХ
УСТАНОВКАХ

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

Секретарь –
студ. **Белов М.С.**

А.Н. Алексеев, студ.;
рук. О.И. Горинев, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ТЕПЛОТА ГАЗИФИКАЦИИ ТВЕРДОГО УГЛЕРОДИСТОГО ОСТАТКА

Твердый углеродистый остаток (ТУО), это один из продуктов процесса пиролиза твердых порозных органических веществ, в том числе и твердых коммунальных отходов (ТКО). По своему составу ТУО состоит из твердого углерода и зольного остатка. Зольный остаток для ТКО средней статистической Российской сборки составляет 16,0 - 17,4%.

Проектирование установок по термической утилизации ТКО связано с расчетом их производительности [1]. На удельную производительность процесса термической переработки ТКО, в частности, оказывает влияние тепло газификации, т.е. энергия идущая на деструкцию твердого углерода с образованием H_2 и CO . Этот тепловой эффект можно определить по мольным теплотам деструкции углерода с газифицирующими агентами CO_2 и H_2O , которые имеют следующие значения: $Q(CO_2) = 168$ кДж/моль(С) и $Q(H_2O) = 136$ кДж/моль(С).

В процессе газификации часть углерода $C(CO_2)$ газифицируется с CO_2 , а оставшаяся часть $C(H_2O)$ - с H_2O . При этом производится генераторный газ, состоящий из CO и H_2 . Допустим, что 1 кг углерода ТУО газифицируется в соотношении - 0,3 кг с CO_2 и 0,7 кг с H_2O . В результате получается газ, состоящий из 3,03 кг CO и 0,17 кг H_2 или в объемных единицах - 2,42 м³ CO и 1,9 м³ H_2 . Количество тепла, выделенного от сжигания этого газа составит

$$Q_{г} = 2,42 \cdot Q_{г}^{p}(CO) + 1,9 \cdot Q_{г}(H_2) = 2,42 \cdot 12640 + 1,9 \cdot 10820 = 51147 \text{ кДж}$$

Количество молей углерода, газифицировавшего с CO_2 составляет $M(CO_2) = (0,3 \times 10^3) / 12 = 25$, а количество молей углерода газифицировавшего с H_2O составляет $M(H_2O) = (0,7 \times 10^3) / 12 = 58,3$

Затраты тепла (тепловой эффект) на газификацию 1 кг углерода составит: $Q_{г} = M(CO_2) \cdot Q(CO_2) + M(H_2O) \cdot Q(H_2O) = 25 \cdot 168 + 58,3 \cdot 136 = 121 \text{ МДж}$

Затраты тепла на газификацию углерода более чем в два раза превышают химическое тепло произведенного от него газа. Дефицит тепловой энергии покрывается за счет газа предшествующего процесса пиролиза.

*М.С. Белов, А.Н. Бородин, Н.С. Тимонин, студ.;
рук. О.Б. Колибаба, доц., к.т.н.
(ИГЭУ, Иваново)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ОВОЩЕЙ

Согласно законодательству, утилизация просроченных продуктов является обязательной процедурой. Это связано с опасностью, которую несут такие товары для окружающей среды и здоровья людей. Одним из наиболее распространенных способов утилизации является термическое обезвреживание, при котором продукты помещаются в специальные печи – инсинераторы [1]. Температурный режим процесса составляет 1100 °С, при этом влажность отходов не должна превышать 30 %.

Большая часть просроченных продуктов, особенно овощей, имеет влажность порядка 80 - 90 %, что требует предварительной подсушки. Нами проведены экспериментальные исследования сушки моркови при температурах сушильного агента 100, 150 и 200 °С. Определено изменение массы продукта и его влажности и температуры в зависимости от времени пребывания в рабочей зоне установки. Результаты эксперимента представлены на рис. 1, где показаны 1, 2 - термопары на поверхности исследуемого объекта, 3, 4 - термопары на расстоянии ½ радиуса исследуемого объекта, 5 - в центре объекта и 6 - в сушильном агенте.

Проведенные экспериментальные исследования процесса сушки влажного продукта (моркови) позволяют более точно определить коэффициенты теплоотдачи, применяемые в расчетах режимных параметров сушки.

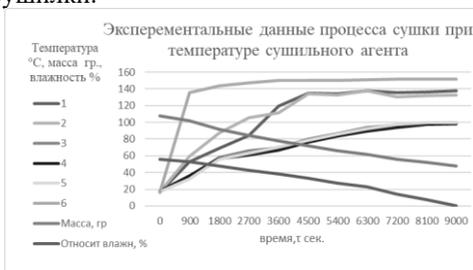


Рис. 1. Экспериментальные данные процесса сушки при температуре сушильного агента 160 °С

Библиографический список

1. Павлов Г.И., Кочергин А.В., Павлов А.Г. Патент РФ 150968 Инсинератор // Опубл.: 3.10.2015.

А.Н. Бородин, М.С. Белов, Н.С. Тимонин, студ.;
рук. О.Б. Колибаба, доц., к.т.н.
(ИГЭУ, Иваново)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

Древесные отходы занимают большие площади и загрязняют окружающую среду. Эффективным способом утилизации отходов является использование их в качестве топлива в виде брикетов, которые являются экологически чистыми и недорогими [1]. Брикеты получают методом прессования. Важным требованием является влажность сырья, которая должна находиться в пределах 6 - 12 %. С повышением влажности калорийность брикетов снижается. Поэтому для получения качественного топлива необходима предварительно подсушенная древесина.

Нами были проведены экспериментальные исследования сушки древесины при температурах сушильного агента 80, 100 и 120°C. Определено изменение массы продукта, его влажности и температуры в зависимости от времени пребывания в рабочей зоне установки. Результаты эксперимента представлены на рис. 1, где показаны 1, 2 - термодатчики на поверхности исследуемого объекта, 3, 4 - термодатчики на расстоянии ½ радиуса объекта, 5 - в центре объекта и 6 - в сушильном агенте.

Проведенные экспериментальные исследования процесса сушки древесины позволяют точно определить коэффициенты теплоотдачи, применяемые в расчетах режимных параметров сушилки.

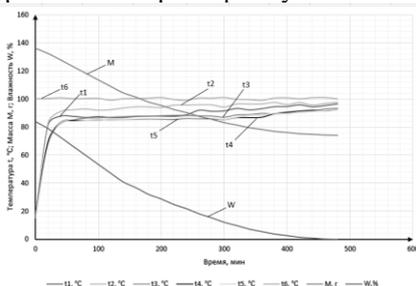


Рис. 1. Экспериментальные данные процесса сушки при температуре сушильного агента 100 С

Библиографический список

1. Головков С.И. Энергетическое использование древесных отходов / С.И. Головков, И.Ф. Коперин, В.И. Найденов// Л.: Лесная промышленность, 1987. – 216 с.

И.А. Васильев, магистрант;

рук. Е.В. Гусев, к.т.н. (ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ НАГРЕВЕ ЗОЛОТВАЛОВ ТЭС

Золоотвалы теплоэлектростанций, полученные от сжигания каменного угля, имеют в своем составе остаточное углеродсодержащее топливо, способное при нагреве выделять дополнительное тепло [1].

С целью выявления энергетической эффективности тонко-дисперсной золы (менее 125 мкм) Ивановской ТЭС-2 были проведены в интервале температур 20÷950°C термогравиметрический (ТГ) анализ по изменению массы вещества и дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК) по выявлению термических эффектов при помощи комплекса термического анализа фирмы NETZSCH (рис.1).

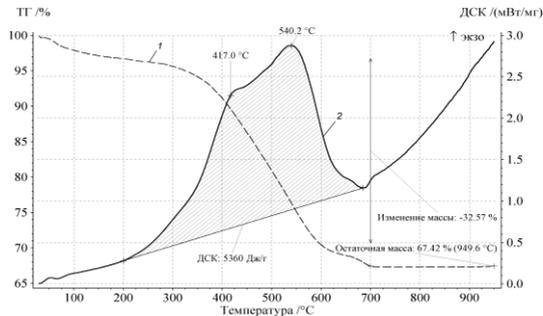


Рис.1. ТГ и ДСК-кривые исследуемого порошка золы при нагревании до 950°C со скоростью 5°C/мин: 1 – ТГ; 2 – ДСК

ДСК и ТГ анализ показывает, что при нагревании золы в интервале температур 200÷700°C наблюдаются экзотермический эффект с выделением удельной теплоты 5360 Дж/г и существенная потеря массы вещества, что связано с наличием несгоревшего твердого топлива и выделением газообразных продуктов (CO_2 , CO).

Наличие энергетического потенциала, а также схожесть химико-минералогического состава отвальной золы ТЭС с глинистым малоπλαстичным сырьем позволяет рекомендовать данный топливосодержащий материал в производстве обжиговых стеновых керамических изделий [1].

Библиографический список

1. Сайбулатов С.Ж., Сулейменов С.Т., Кулбеков М.К. Золоотвалы ТЭС в производстве строительной керамики. Алма-Ата: Казахстан, 1986. 144 с.

Е.А. Иванов, Д.Н. Попов, В.С. Анкушин, студ.;
рук. Р.Н. Габитов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ С УЧЕТОМ ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВ В СЛОЕ ОТХОДОВ

Процесс уничтожения отходов посредством термического разложения, как правило, осуществляется в печах шахтного типа (термореакторах). Отходы загружаются в верхнюю часть печи. Слой ТКО перемещается вниз навстречу тепловому потоку. Проходя последовательно процессы сушки, пиролиза и газификации. Основная масса, полученного в результате разложения органической части ТКО горючего газа (термогаза), собирается в термокамере, расположенной в нижней части реактора. Остальная часть фильтруется через слой ТКО вверх под действием созданного перепада давления. Так как слой перемещается навстречу тепловому потоку с постоянной скоростью W , равной скорости загрузки, то имеет место динамическое равновесие, при котором температурное поле в слое ТКО выше зоны подсушки будет “как бы стационарным”, а температурная кривая в зонах подсушки и пиролиза не будет видоизменяться. Зона пиролиза, ограниченная температурами $t_1 = 250^\circ\text{C}$ и $t_2 = 560^\circ\text{C}$, так же со скоростью W перемещается в рабочем пространстве реактора вниз. Такие режимы нагрева тел с изменяющимися размерами получили название квазистационарных.

Температурное поле слоя в зоне пиролиза может быть найдено решением основного дифференциального уравнения теплопроводности с учетом фильтрации газа через поры. Слой рассматривается как условная изотропная пористая неограниченная пластина с постоянными эффективными теплофизическими свойствами.

Расчет температурного поля проводился в программе FlowVision. Результаты расчета представлены на рис. 1.

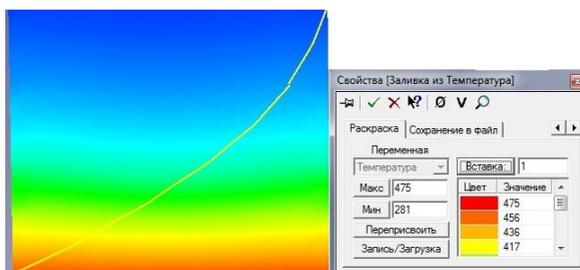


Рис.1 Температурное поле слоя отходов при его переработке в реакторе.

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

СИСТЕМЫ МАСЛОСНАБЖЕНИЯ МАШИННОГО ЗАЛА АЭС

В системах маслоснабжения турбоустановок используется нефтяное масло марки Тп – 22С для турбин производства Харьковского турбинного завода (ХТГЗ) К-1000-60/1500-1,2. Это дистиллятное масло, полученное углубленной селективной очисткой с последующей гидроочисткой. Оно содержит антиокислительную, антикоррозионную и деэмульгирующую присадки, обозначенные буквой «П». Цифра «22» означает кинематическую вязкость масла в сантистоксах (сСт), при температуре 50 °С.

Для масляных систем турбоустановок К-1000-60/3000 производства Ленинградского металлического завода (ЛМЗ) используется огнестойкое масло Теплотехнического института (ОМТИ). Это масло, имея практически одинаковую кинематическую вязкость с Тп-22С при температуре 50°С, отличается большей плотностью, приблизительно на 30 %, что увеличивает гидравлические сопротивления в элементах масляных систем.

Плотность масла Тп-22С меньше плотности воды (при температуре 50 °С $\rho = 875,8$ кг/м³), плотность масла ОМТИ больше плотности воды примерно на 14 % (при температуре 50 °С $\rho = 1120$ кг/м³). Масло ОМТИ имеет более высокие огнестойкие качества (температура вспышки в открытом тигле – 240 °С, у Т-22 – 180 оС; температура воспламенения на воздухе – не ниже 350 °С, у Т-22 – не ниже 220 °С, температура самовоспламенения – не ниже 720 °С, у Т-22 – не ниже 370 °С) [1, 2].

Каждый сорт масла применяется строго по назначению. Смешивание масел разных сортов запрещается, особенно для оборудования турбинных установок АЭС.

Библиографический список

1. Сайт компании разработчика пакета COMSOL Multiphysics [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.comsol.com>.
2. Асаул, А.Н., Казаков, Ю.Н., Ипанов, В.И. Реконструкция и реставрация объектов недвижимости: Учебник/ Под редакцией д.э.н., профессора А.Н. Асаула. – СПб.: Гуманистика, 2005. – 288с.

*Г.В. Даценко, В.Л. Жохов, М.А. Емелин
(ПАО «Мосэнерго», г. Москва)*

АНАЛИЗ РАБОТЫ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА КВОУ ГТУ

В зимний период эксплуатации газотурбинных установок (ГТУ) при температуре воздуха ниже $+5^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности выше 80% возникает риск возникновения наледи на поверхностях комплексного воздухоочистительного устройства (КВОУ) ГТУ, таких как: коагуляторы, фильтры грубой (ФГО) и тонкой (ФТО) очистки, крепёжные детали.

Для предотвращения обмерзания поверхностей КВОУ ГТУ применяются системы подогрева всасываемого воздуха. Одной из таких систем является использование теплообменного аппарата (ТА), входящего в состав противообледенительной системы (ПОС). Данный теплообменный аппарат является двухходовым и состоит из медных оребренных труб диаметром 11,7 мм, с толщиной стенок 0,35 мм. Рёбра толщиной 0,2 мм изготовлены из алюминиевого сплава, покрытого эпоксидной смолой, установлены с шагом 3 мм, согласно [1]. В качестве теплоносителя применяется водный раствор этиленгликоля с содержанием этиленгликоля примерно 57 % [1], с температурой замерзания -49°C [3].

Согласно инструкции по эксплуатации КВОУ ПГУ ТЭЦ-20 ПАО «Мосэнерго», максимальная допустимая температурная неравномерность подогретого воздуха (стратификация) составляет $\pm 2^{\circ}\text{C}$, а максимально допустимый перепад давлений на стороне воздуха 1,0 мбар [2].

В данной статье был проведён анализ работы теплообменного аппарата КВОУ ГТУ, установленного на ТЭЦ-20 ПАО «Мосэнерго».

Библиографический список

1. Инструкция по эксплуатации системы подогрева воздуха ГТУ SGT5 – 4000F энергоблока ПГУ-420Т (Вторая редакция)
2. ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «МОСЭНЕРГО», Инструкция по эксплуатации КВОУ ПГУ ТЭЦ-20, 2021 год
3. Этиленгликоль, Материал из Википедии — свободной энциклопедии (<https://clck.ru/9cRbJ>, дата обращения: 31.03.2023)

А.О. Жучков, Е. Г. Фебенчуков, студ.;
рук. О.И. Горинев, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

МЕТОД РАСЧЕТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В РЕКУПЕРАТИВНЫХ РАДИАЦИОННЫХ ТРУБАХ

Радиационные трубы находят применение в тех технологических процессах, где источник тепловой энергии необходимо изолировать от термообрабатываемого материала. Для повышения энергетической и конструктивной эффективности радиационные трубы могут снабжаться надстроенными рекуператорами для подогрева воздуха, идущего на горение в них газа [1]. По сути, конструкция рекуперативной трубы представляет сочетание сжигательного устройства и противоточного теплообменника

Рекуперативная радиационная труба представляет систему, состоящую из трех взаимосвязанных потоков тепловой энергии – энергии продуктов горения, энергии подогрева воздуха и энергии технологического процесса (термообработки). Теплообмен в этой системе осуществляется одновременно конвекцией и излучением. Основным, или первичным источником энергии в них является тепловая энергия продуктов горения газа в трубе. Поэтому основной задачей, в расчетах теплопередачи в рекуперативных радиационных трубах, является определение температур продуктов горения на её входе $t'_{\text{ПГ}}$ и выходе $t''_{\text{ПГ}}$.

Сжигаемый на входе в радиационную трубу газ, образует продукты горения с температурой $t'_{\text{ПГ}}$ – максимально возможной температуры горения без учета потерь тепловой энергии. Её можно считать калориметрической или теоретической температурой горения топлива, которую можно определить по известному балансовому уравнению.

Изменение температуры продуктов горения топлива в радиационной трубе можно учесть пирометрическим коэффициентом $\eta_{\text{пир}}$. Пирометрический коэффициент учитывает долю теряемой через стенки камеры горения тепловой энергии. Если камера горения хорошо теплоизолирована и имеет минимальные тепловые потери, то пирометрический коэффициент принимается $\eta_{\text{пир}} = 0,8$. Если стенки камеры горения охлаждаются и тепловые потери максимальные, то принимается $\eta_{\text{пир}} = 0,6$. Камера горения РРТНИ предназначена для передачи тепловой энергии к термообрабатываемому материалу и к нагреваемому воздуху поэтому для неё принимается $\eta_{\text{пир}} = 0,6$. Исходя из вышеизложенного температура продуктов горения газа на выходе из радиационной трубы можно вычислять как $t''_{\text{ПГ}} = 0,6 t'_{\text{ПГ}}$.

Н.С. Владимиров, В.М. Лапинова, Н.И. Горихова, студ.;
рук. О.Б. Колибаба, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

КОМПЛЕКСНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ КОТТЕДЖА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ОТОПЛЕНИЯ

При проектировании и строительстве зданий следует уделять особое внимание снижению энергопотребления путем минимизации тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции, что позволит повысить энергетическую эффективность и снизить затраты на отопление.

В данной работе авторами рассмотрены три варианта ограждающей конструкции жилого здания (коттеджа) – кирпичная, теплые стены, вентилируемый фасад.

Численные исследования были проведены в программном комплексе COMSOL Multiphysics с использованием модуля Heat Transfer in Solids and Fluids [1]. При расчёте вентилируемого фасада для моделирования движения воздуха в зазоре дополнительно использовался модуль Turbulent Flow, позволяющий решить систему уравнений Навье-Стокса и неразрывности. По результатам исследований для дальнейших расчетов был принят вентилируемый фасад [2].

Для проектируемого коттеджа был рассчитан тепловой баланс, согласно которому суммарная отопительная нагрузка составила 9,3 кВт. Исходя из этой нагрузки, были рассмотрены два варианта выбора теплогенератора: двухконтурный настенный котел BaltGaz Turbo и геотермальный тепловой насос марки SILA GM 10 S (H).

Технико-экономическое сравнение вариантов показало, что тепловой насос сравнивается по затратам с котлом через 11 лет, но учитывая срок службы и другие преимущества теплового насоса, например, возможность работы на охлаждение летом и безопасность, окончательный выбор был сделан в пользу теплового насоса.

Библиографический список

1. Сайт компании разработчика пакета COMSOL Multiphysics [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.comsol.com>.
2. Асаул, А.Н., Казаков, Ю.Н., Ипанов, В.И. Реконструкция и реставрация объектов недвижимости: Учебник/ Под редакцией д.э.н., профессора А.Н. Асаула. – СПб.: Гуманистика, 2005. – 288 с.

*В.М. Морозов студ.; рук. О.Ю. Нагорная
(ИГЭУ, г. Иваново)*

УТИЛИЗАЦИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Развитие газовой промышленности неразрывно связано с необходимостью создания нового оборудования для транспорта газа по магистральным газопроводам, а так же внедрения энергосберегающих и более экологических технологий.

Компрессорные станции (КС) являются неотъемлемой частью магистральных газопроводов и обеспечивают подачу газа на дальние расстояния. В связи с удаленностью магистральных газопроводов от центральных систем энергоснабжения на компрессорных станциях применяется газотурбинный привод нагнетателей газа.

Для обогрева турбокомпрессорного цеха и вспомогательных помещений в осенне-зимний период на КС предусмотрена система теплоснабжения, которая включает в себя отопительную котельную и стационарную теплосеть. В качестве топлива отопительная котельная использует природный газ.

Основным источником вторичных энергоресурсов (ВЭР) на КС являются уходящие газы с температурой $400\div 500$ °С от газотурбинных установок (ГТУ).

Реконструкция системы отопления КС путем внедрения установки утилизации ВЭР для собственных нужд, может выступать в качестве альтернативы штатной системе теплоснабжения КС, а применение в качестве теплоносителя воздуха позволяет обеспечить быстрый обогрев помещений, безопасность, экономичность, отсутствие дополнительных элементов, долговечность и надежную работу оборудования. Воздух как теплоноситель, имеет малые теплоемкость и плотность, легкую подвижность, при нагревании расширяется с уменьшением плотности. В связи с этим должна вестись программа по созданию стационарных и передвижных воздухонагревателей с использованием различных видов топлива и вторичных энергоресурсов, обеспечивающих постоянный, предпусковой и аварийный прогревы здания, укрытий газоперекачивающих агрегатов (ГПА), объектов транспорта и переработки газа.

Таким образом, использование ВЭР от ГТУ приведет к существенно снижению затрат природного газа на собственные нужды и снижению количества вредных выбросов в атмосферу.

*А.Р. Байбасарова, докт., Д.С. Кульбедин, студ., Е.В. Марчук, студ.;
рук. О.А. Степанова, к.т.н.*

(НАО «Университет имени Шакарима город Семей»)
**К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КРАСОК**

Спектр применения теплоизоляционных материалов (ТИМ) широк, как в промышленности, так и в быту. Поэтому ассортимент ТИМ постоянно расширяется. В последние годы стали использоваться теплоизоляционные краски (ТИК), в результате покрытия которыми, на поверхностях образуется пленка способная отражать тепло и выдерживать высокие температуры [1, 2].

Целью исследования было проведение анализа существующих теплоизоляционных красок и их характеристик для выбора оптимальных для изоляции поверхностей теплообменных аппаратов.

На рисунке 1 представлен анализ поля сил использования теплоизоляционных красок.



Рисунок 1 – Сдерживающие и движущие силы использования ТИК

Библиографический список

- 1. Вопросы использования современного жидкого теплоизолирующего покрытия на керамической основе при утеплении фасадов зданий.** Макуха А.С., Белый Р.Е., Борсук О.Ю., Меретуков З.А. В сборнике: Актуальные вопросы науки и образования. материалы II Международной научно-практической конференции. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет». 2020. С. 77-83.
- 2. Власов В.А., Скрипникова Н.К., Григорьевская Д.К., Шеховцов В.В.** Разработка и исследование составов теплоизоляционных лакокрасочных материалов с использованием зольных микросфер // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 2. С. 79–86. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-2-79-86.

*М.М. Чижикова, студ.;
рук. О.Б. Колибаба, (доцент, к.т.н)
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПИРОЛИЗНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

В РФ запрещена утилизация отходов методом прямого сжигания из-за негативного воздействия на окружающую среду. Альтернативным вариантом является технология пиролиза твердых отходов, позволяющая не только значительно уменьшить количество отходов, требующих захоронения, но также получить из них различные виды энергоносителей [1]. Существующие установки позволяют перерабатывать отходы с влажностью до 30 - 35%, увеличение влажности свыше 40% требует дополнительных источников энергии на процесс сушки [2]. Использование теплоты продуктов горения в теплообменнике для подогрева воздуха, идущего в камеру сушки, позволит увеличить диапазон переработки влажных отходов.

Для определения эффективности работы печи для термической утилизации отходов использовался метод материального и теплового баланса, позволяющий определить коэффициент полезного действия установки и выбрать режим ее работы с максимальным его значением.

В работе предложена новая конструкция термического реактора для утилизации отходов с отдельными камерами сушки и пиролиза. Конструктивная особенность установки позволяет организовать регулирующую сушку влажных отходов и уменьшить потери с продуктами горения за счет использования теплообменника для подогрева воздуха. Рассчитан материальный и тепловой баланс установки

Предложенная установка позволяет вести процесс переработки отходов при относительной влажности от 0 до 60% без дополнительных источников энергии.

Библиографический список

- 1. Алексеев, Г.М.** Индустриальные методы санитарной очистки городов (Термическая переработка бытовых отходов и использование продуктов пиролиза) / Г.М. Алексеев, В.Н. Петров, П.В. Шпильфогель // Л.: Стройиздат, 1983. – 96 с.
- 2. Патент РФ №2213908** Способ переработки твердых бытовых и промышленных отходов / Новиков А.С., Корюков М.А., Новиков Н.Н., Мельников А.В. Опубл.: 10.10.2003.

*К.А. Умаров, студ.; рук. Д.А. Долинин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЗАМЕНЫ ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ЭНЕРГОБЛОКЕ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Эксплуатация подогревателей коллекторно-спирального типа показала их низкую надежность из-за выхода из строя плоскоспиральных трубных элементов, в связи с невозможностью контроля сварного шва приварки трубных элементов к коллектору и эрозийным износом в районе приварки.

При появлении течи в одном подогревателе, вся группа из трех подогревателей отключается по питательной воде, что приводит к снижению электрической мощности энергоблока на 30 МВт, и во время ремонтных работ приносит уменьшение выручки более чем на 26 млн. рублей в год. Предлагается замена одной ступени нагрева питательной воды на подогреватель высокого давления камерного типа в виду большей мощности, надежности, ремонтпригодности, меньшего недогрева пара. Выполнен тепловой расчет подогревателя камерного типа и экономического эффекта замены [1]. Рассчитаны показатели возможного увеличения мощности энергоблока, простого срока окупаемости. Полученные данные, обосновывающие замену текущего подогревателя высокого давления коллекторно-спирального типа на подогреватель камерного типа занесены в таблицу (табл. 1).

Таблица 1. Основные данные, обуславливающие замену подогревателя

Показатель	Подогреватель камерного типа
Время работы, часов в год	8000
Годовой экономический эффект, млн. руб.	76,933
Простой срок окупаемости, лет	5,1

Ввиду высокой надежности и ремонтпригодности камерных подогревателей перспективным является замена на всех турбоагрегатах К-1000-60/1500 при условии окупаемости инвестиций.

Библиографический список

- 1. Гиршфельд В.Я., Князев А.М., Куликов В.Е.** Расчет стационарных теплообменников // Москва МЭИ. 1974 г.
- 2. Трояновский Б. М.** Турбины для атомных электростанций // М.: Энергия; изд. 2, перераб. и доп. 1978 г.

*К.А. Умаров, студ.; рук. Д.А. Долинин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНЦЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ЦИЛИНДРА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ПАРОВОЙ ТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

Перспективным направлением модернизации турбин К-1000-60/3000 на атомных электростанциях является уменьшение потерь, улучшение вакуума в конденсаторе и повышение ремонтпригодности.

В работе проведен расчет по модернизации концевых уплотнений, полученных путем добавления витых пружин, обеспечивающих стабильность прижатия. Так же в отличии от существующей конструкции новые кольца имеют завальцованную вставку из антифрикционного теплостойкого материала, уплотняющая поверхность которого расположена на меньшем диаметре, чем цельноточеные уплотнительные гребни. Это позволяет сохранить неповрежденными цельноточеные кромки гребней и таким образом уменьшить и стабилизировать протечки [1]. С помощью данного изменения в цилиндре низкого давления потери снижаются на 0,05%, что приносит увеличение удельного объема пара на 3,9%. Определение вакуума конденсатора выполнено в соответствии с методическими указаниями по испытаниям конденсационных установок паровых турбин [2]. В результате получена таблица зависимости удельного объема пара от давления при разных уплотнениях (табл. 1).

Таблица 1- Зависимость давления в цилиндре низкого давления от типа концевого уплотнения

Тип уплотнения	Стандартное	Модернизированное
Давление, кПа	132	132,687
Удельный объем пара, м ³ /кг	1,306	1,3571

Выбор модернизированных уплотнений будет определяться после года эксплуатации и получения значений отказов и оценки улучшения ремонтпригодности. Представляется возможной перспектива использования данных уплотнений на всех турбоагрегатах подобного типа.

Библиографический список

1. УМ.12.43.11.СА.10 Турбоустановка К-1000-60/3000 / Учебно-тренировочное подразделение. Калининская атомная станция
2. МУ 34-70-010-82 СО 34.30.738 Методические указания по испытаниям конденсационных установок паровых турбин / ПО «Союзтехэнерго». Москва, 1982 г.

*Ю.Д. Смирнова, магистрант;
рук. Е.В. Гусев, к.т.н. (ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ СУШКЕ ЗОЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Влияние внутривязкой структуры золокерамического изделия на интенсивность теплообмена между теплоносителем и влажным материалом можно оценить путем исследования кинетики сушки образцов различного вещественного состава (глина:зола) при постоянных параметрах сушильного агента.

Сушка золокерамических пластинчатых образцов с различным содержанием глины и золы осуществлялась в условиях двухстороннего продольного обтекания пластинчатого образца воздухом со скоростью 1 м/с и температурой 125°C.

Интенсивность теплообмена на базе экспериментальных влаготермических кривых сушки материала во времени ($U=f(\tau)$; $t=f(\tau)$) рассчитывалась по следующему уравнению баланса тепла [1]

$$Q(\tau) = Q_{\text{исп}} + Q_{\text{нагр}} = r_{\text{исп}} m_0 \frac{d\bar{U}}{d\tau} + c_{\text{пр}} m_0 \frac{d\bar{t}}{d\tau} = \alpha (t_c - t_{\text{пм}}) F_{\text{исп}}.$$

В результате расчета были установлены зависимости коэффициента теплоотдачи от влагосодержания золокерамического материала полужесткого пластического формования с учетом различного содержания компонентов шихты, представленных на рис.1.

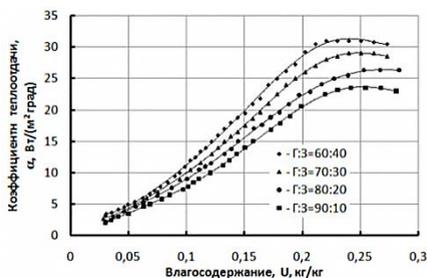


Рис.1 Зависимости коэффициента теплоотдачи от влагосодержания золокерамических образцов различного состава

Полученные данные позволяют говорить о возможности повышения интенсивности теплообмена за счет увеличения содержания золы в высушиваемом золокерамическом изделии.

Библиографический список

1. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 472 с.

Е.А. Иванов , студ.;
рук. Р.Н. Габитов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ СЕТЕВОЙ ВОДЫ КАЛИНИНСКОЙ АЭС

Теплоизоляция является одной из важных составляющих для снижения тепловых потерь в процессе теплопередачи, она так же выполняет роль основного термического сопротивления в конструкции трубопроводов сетевой воды.

В качестве объекта исследования использован опыт Калининской АЭС в части замены морально устаревшей изоляции, на изоляцию K-Flex.

Результаты были получены в ходе проведения мероприятий по энергетическому аудиту, а также прохождения тепловизионных съемок трубопроводов сетевой воды. График изменения коэффициента теплопередачи от температуры трубопровода и изменение тепловых потерь на определенном участке, приведены на рисунке 1.

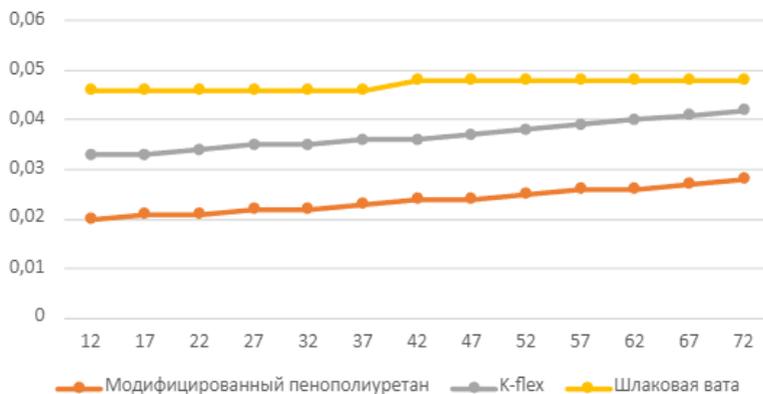


Рис.1 Изменение коэффициента теплопроводности от температуры.

Замена тепловой изоляции из минваты на изоляцию K-Flex снижает тепловые потери. Таким образом, была получена наглядная информация преимущества теплоизоляции K-Flex, обеспечивающая сохранение тепла на большой протяженности трубопроводов по всей промышленной площадке Калининской АЭС, а также магистральных трубопроводов.

*С.Э. Шавадзе, студ.; рук. О.Б. Колибаба, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПК ANSYS FLUENT ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ПИРОЛИЗНОЙ ПЕЧИ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Термическая переработка твердых коммунальных отходов осуществляется чаще всего в специальных печах шахтного типа – термических реакторах, в которых слой ТКО последовательно проходит процессы сушки и пиролиза с последующей газификацией твердого углеродистого остатка [1,2,3]. Образующееся в процессе переработки газообразное топливо отводится потребителю.

Для выбора рационального режима работы печи актуальным является математическое моделирование процесса теплообмена в ее рабочем пространстве.

Нами разработана математическая модель шахтной печи для утилизации твердых коммунальных отходов методом пиролиза. Модель реализована в программном комплексе ANSYS FLUENT.

Модель позволяет определить температурное поле материала и время его переработки в зависимости от расхода топлива и с учетом изменений теплофизических свойств ТКО при сгорании в разные моменты времени. Результаты моделирования при расходе 1200 кг/ч представлены на рис.1.

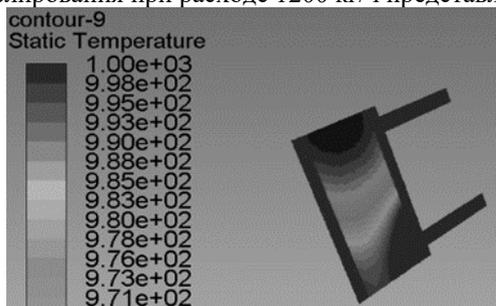


Рис.1. Температурное поле в рабочем пространстве печи

Библиографический список

- 1. Колибаба О.Б., Сокольский А.И., Габитов Р.Н.** Исследование сушки слоя твердых бытовых отходов в процессе термической переработки // Вестник Череповского Государственного Университета, начн. Журнал. – 2015 -№3. – С.21.
- 2. Власов О.А., Мечев В.В.** Анализ работы сжигания отходов // Твердые бытовые отходы, Журнал. – 2017. - Т.2. – С.199 – 202.
- 3. Горинев О.И., Колибаба О.Б., Долинин Д.А., Габитов Р.Н., Самышина О.В., Скворцов И.А.** Патент РФ №2645029 Установка для термического разложения несортированных твердых органических отходов. Оpubл.: 15.02.2018, Бюл. №5.

СЕКЦИЯ 11
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В ТЕХНОСФЕРЕ

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

Секретарь –
студент **Корунова А.А.**

С. Оганесова, студ.; рук. Ю.Ю. Рогожников, к.т.н., доц.

(ИГЭУ, г. Иваново)

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЁТА РАССЛЕДОВАНИЯ ПРОИСШЕСТВИЙ, НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ, АВАРИЙ

Информационная система учёта расследования происшествий, несчастных случаев, аварий («ИСУ НС») представляет собой программный продукт, нацеленный на автоматизацию деятельности в области охраны труда.

Операции по учёту расследования происшествий содержат выполнение таких функций как учёт несчастных случаев, аварий, пожаров, других инцидентов и результатов их расследований; оформление соответствующих печатных форм; контроль полноты информации и сроков расследований; формирование всех форм отчётности, в том числе сводной аналитической отчётности. Инновационное развитие системы предполагается в направлении прогнозирования рисков возникновения несчастных случаев на предприятии.

Реализация программного продукта «ИСУ НС» предполагается на базе программного комплекса «Диагностика+», который разработан в Ивановском государственном энергетическом университете (ИГЭУ).

Основным режимом работы пользователей является работа посредством сети интернет. Всё программное и информационное обеспечение размещается на сервере (веб-сервер подсистемы пользователя, экспертная система, база данных, база знаний). Взаимодействие пользователей с системой осуществляется посредством веб-браузера.

Внедрение компьютерной системы «ИСУ НС» позволит обеспечить сокращение трудозатрат при выполнении традиционных информационных процессов и операций, устранение рутинных операций, ускорение процессов обработки и преобразования информации, контроль за формируемыми планами и указанными в них сроками, формирование всей необходимой аналитической отчетности.

Информационная система учёта расследования происшествий, несчастных случаев, аварий («ИСУ НС») должна обеспечивать возможность работы с единой базой данных по охране труда с интеграцией данных из различных информационных систем. Общие требования к подобным системам включают требования к надёжности, высокой скорости выполнения процедур, масштабируемости, стандартизованности потоков ввода-вывода данных, технической эргономики графических интерфейсов, защищенности.

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

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЁТА СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА

Информационная система учёта специальной оценки условий труда («ИСУ СОУТ») представляет собой программный продукт, нацеленный на автоматизацию процедуры проведения специальной оценки условий труда (СОУТ). Операции по учёту СОУТ включают следующие функции: учёт результатов и контроль проведения СОУТ, формирование отчетности; рабочих мест; загрузка файлов с результатами СОУТ; формирование комиссии для проведения СОУТ на рабочих местах; печатных документов; оценка обеспеченности средствами индивидуальной защиты; комплексная оценка состояния условий труда на рабочем месте; формирование карты специальной оценки рабочего места; статистических форм отчетности, в том числе 1-Т (условия труда) и сводной аналитической отчетности по СОУТ. Реализация программного продукта «ИСУ СОУТ» предполагается на базе программного комплекса «Диагностика+», который разработан в Ивановском государственном энергетическом университете (ИГЭУ).

Актуальность разработки и внедрения подобных систем обусловлена необходимостью развития эффективных систем автоматизирующих процессы, связанные со специальной оценкой условий труда на предприятиях.

Внедрение компьютерной системы «ИСУ СОУТ» позволит обеспечить автоматизированное выполнение следующих процессов: формирование нормативно-справочной базы для проведения СОУТ; учет рабочих мест и прикрепления работников к конкретным рабочим местам; определение состава комиссии по проведению СОУТ; формирование графика выполнения работ по СОУТ; идентификация вредных и опасных производственных факторов; присвоение каждому рабочему месту уникального кода; формирование перечня рабочих мест, подлежащих СОУТ; анализ результатов СОУТ; формирование декларации соответствия условий труда требованиям охраны труда; уведомление заинтересованных лиц о результатах СОУТ; планирование мероприятий по улучшению условий труда; формирование отчетности об условиях труда.

«ИСУ СОУТ» будет востребована специалистами служб охраны труда в крупных и средних компаниях, специалистами, задействованными в организации и проведении специальной оценки условий труда.

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

ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, СОЗДАВАЕМЫХ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫМ СТАНКОМ

Токарно-винторезный станок применяется для обработки заготовок точением с одновременным вращением заготовки и движением резца по направлению к оси детали вдоль неё. Информационная модель идентификации техногенных воздействий, создаваемых токарно-винторезным станком, предстаёт следующими слагаемыми:

1. Описание конструкции токарно-винторезного станка.
2. Системнологическое представление устройства для токарной обработки заготовок с выявлением элементного состава.
3. отождествление технетических элементов с разновидностями вещества и энергии, обуславливающими воздействия при резании.
4. Идентификация детерминированных воздействий, создаваемых токарно-винторезным станком.
5. Идентификация стохастических воздействий, создаваемых токарно-винторезным станком.

Системнологическое представление начинается с декомпозиции исходной системы и завершается нахождением элементного состава. Для каждого технетического элемента выявляются разновидности вещества и энергии, обуславливающие техногенные воздействия. По выявленным разновидностям идентифицируются детерминированные воздействия, а при обнаруженных происшествиях – стохастические, источниками которых являются составляющие токарно-винторезного станка.

Информационная модель реализуется посредством компьютерной программы. Реализованную информационно-компьютерную модель идентификации техногенных воздействий предполагается использовать для вычисления показателя, называемого способностью токарно-винторезного станка создавать техногенные воздействия.

Способность технического устройства создавать воздействия определяется по уровню фактического значения параметра воздействия относительно порогового значения этого параметра, соответствующего началу возникновения эффектов воздействия. Данный показатель даёт возможность сравнивать разные воздействия по величине, выражаемой в сопоставимых единицах, и решать вопросы охраны труда токаря.

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

ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, СОЗДАВАЕМЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫМ СТАНКОМ

Горизонтально-фрезерный станок применяется для обработки плоскостей, уступов, фрезеровки канавок и пазов разных видов при помощи цилиндрических, угловых, концевых, фасонных, сферических фрез. Информационная модель идентификации техногенных воздействий, создаваемых станком, предстаёт следующими слагаемыми:

1. Описание конструкции горизонтально-фрезерного станка.
2. Системнологическое представление устройства для фрезерной обработки металлических заготовок с выявлением элементного состава.
3. отождествление технетических элементов с разновидностями вещества и энергии, обуславливающими воздействия при фрезеровании.
4. Идентификация детерминированных воздействий, создаваемых горизонтально-фрезерным станком.
5. Идентификация стохастических воздействий, создаваемых горизонтально-фрезерным станком.

Системнологическое представление начинается с декомпозиции исходной системы и завершается нахождением элементов. Для каждого технетического элемента выявляются разновидности вещества и энергии, обуславливающие техногенные воздействия. По выявленным разновидностям идентифицируются детерминированные воздействия, а при обнаруженных происшествиях – стохастические, источниками которых являются составляющие горизонтально-фрезерного станка.

Информационная модель реализуется посредством компьютерной программы. Реализованную информационно-компьютерную модель идентификации техногенных воздействий предполагается использовать для вычисления показателя, называемого способностью горизонтально-фрезерного станка создавать техногенные воздействия. Способность технического устройства создавать воздействия определяется по уровню фактического значения параметра воздействия относительно порогового значения этого параметра, соответствующего началу возникновения эффекта воздействия. Данный показатель даёт возможность сравнивать разные воздействия по величине, выражаемой в сопоставимых единицах, и решать вопросы охраны труда фрезеровщика.

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

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ КАФЕДРЫ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ЭЛЕКТРОФИЗИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ ИГЭУ

В настоящий момент не существует какой-либо единой методики оценки индивидуального профессионального риска. Рекомендации Минтруда по данному вопросу сводятся к тому, что каждый работодатель выбирает метод оценки профессионального риска, наиболее подходящий для его организации. В своей работе я использовал методику, разработанную доцентом кафедры БЖД А.Г. Горбуновым [1] с некоторыми изменениями.

Сутью методики является получение формализованной количественной оценки условий труда на рабочем месте в широком смысле, которая включает не только класс условий труда в соответствии с критериями специальной оценки условий труда, но и учет состояния оборудования, инструментов и приспособлений на данном рабочем месте. Кроме того, данная методика учитывает наличие на данном рабочем месте несчастных случаев, связанных с выполняемой работой, их тяжесть, а также появление у работников профессиональных заболеваний. При оценке условий труда класс условий труда определялся по отклонению показателей каждого производственного фактора от нормативных значений СанПиН 1.2.3685-21 по критериям [2], а формализованный показатель профессионального риска – по таблице приложения к [3]. В докладе подробно описана методика оценки профессионального риска на данном рабочем месте.

Библиографический список

1. Горбунов А.Г. Методика оценки индивидуального профессионального риска /Материалы Международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электротехнологии» XVIII Бенардосовские чтения, т.1. 12 июня 2021 г.
2. Приказ Минтруда России от 24.01.2014 N 33н (ред. от 27.04.2020) «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» (Зарегистрировано в Минюсте России 21.03.2014 № 31689) [Электронный ресурс] – Режим доступа:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_158398/
3. «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки» 2.2.1766-03. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/246225/

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

ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕТА МИКРОТРАВМ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Учет микротравм на производстве является важным компонентом риск-ориентированного подхода к выполнению требований охраны труда. Микротравмы — это индикатор скрытой опасности, игнорирование которой может привести к несчастному случаю.

В качестве микротравм можно рассматривать повреждения организма человека (ссадины, кровоподтеки, ушибы мягких тканей, поверхностные раны и другие повреждения), которые могут привести к частичному ограничению его трудоспособности.

Основанием для регистрации микротравмы работника и выявления ее обстоятельств является обращение пострадавшего работника к своему непосредственному или вышестоящему руководителю в письменной или устной форме. Далее работодатель самостоятельно осуществляет учет и рассмотрение обстоятельств и причин, приведших к возникновению микротравм (микротравм) работников.

Для реализации учета предприятию необходимо осуществить сбор информации и зарегистрировать факты о микротравмах. Процедуру сбора информации на предприятии определяет сам работодатель с учетом собственной специфики, с применением современных технологий обработки и хранения информации. При подготовке перечня соответствующих мероприятий специалисту по охране труда (или уполномоченному лицу) рекомендуется учитывать обстоятельства получения микротравмы, включая используемое оборудование, инструменты, материалы и сырье, приемы работы, условия труда, и возможность их воспроизведения в схожих ситуациях или на других рабочих местах; организационные недостатки в функционировании системы управления охраной труда; физическое состояние работника в момент получения микротравмы (микротравмы); меры по контролю; механизмы оценки эффективности мер по контролю и реализации профилактических мероприятий.

Библиографический список

1. **Приказ** Минтруда и соцзащиты РФ N 632н “Об утверждении рекомендаций по учету микротравм (микротравм) работников” от 15 сентября 2021 г.
2. **Микротравматизм** на производстве. Порядок расследования //Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/727406277>. – Загл. с экрана.

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

ФАКТОРЫ РИСКА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ НА ВЫСОТЕ В ФИЛИАЛЕ ПАО «РОССЕТИ ЦЕНТР И ПРИВОЛЖЬЕ» – «ИВЭНЕРГО», Г. ИВАНОВО

Работы на высоте относятся к категории работ с повышенной опасностью [1].

Основным опасным производственным фактором при работе на высоте является расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола) и связанный с этим риск падения работника или падения предметов на работника.

Причины падения работника с высоты:

- технические - отсутствие ограждений, предохранительных поясов; недостаточная прочность и устойчивость лесов, настилов, люлек, лестниц и стремянок;
- технологические - неправильная технология ведения работ;
- человеческие - нарушение координации движений, потеря самообладания, потеря равновесия, неосторожное или небрежное выполнение работ, резкое ухудшение состояния здоровья;
- метеорологические - сильный порывистый ветер, низкая и высокая температуры воздуха, дождь, снег, туман, гололед.

Сопутствующие опасные производственные факторы:

- опасность порезов о стекло или другие острые кромки;
- опасность электротравм при нарушении норм электробезопасности;
- опасность ожогов при нарушении мер пожарной безопасности.

Опасные факторы, обусловленные местоположением анкерных устройств, предусмотренные приложением № 8 к Правилам[2]:

- фактор падения;
- фактор отсутствия запаса высоты;
- фактор маятника при падении.

Библиографический список

1. Письмо Департамента здравоохранения Правительства г. Москвы N44-18-2349 "Инструкция по охране труда при выполнении работ, связанных с подъемом на высоту и на высоте" от 12 июля 2006 года.
2. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации N782н "Об утверждении правил по охране труда при работе на высоте" от 16 ноября 2020 года.

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

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА СВАРЩИКА

На риск, связанный с профессиональной деятельностью, влияют условия труда в широком смысле: показатели световой среды, шума, тяжести труда и т.п., состояние оборудования, инструментов и приспособлений, а также соблюдение работником требований инструкций по охране труда. Учет последнего обстоятельства переводит риск в индивидуальный профессиональный, что не является предметом настоящего исследования.

В докладе проведена оценка профессионального риска на рабочем месте электросварщика ручной сварки экспериментально опытного производства ИГЭУ. Оценка риска проведена по методике, разработанной доцентом кафедры БЖД Горбуновым А.Г. с упрощениями, не учитывающими соблюдение работником требований инструкций по охране труда. Сутью методики является учет влияния производственных факторов, идентифицированных на рабочем месте, без ограничений, приведенных в приложении 2 к [2], а также учет состояния оборудования, и используемых инструментов в смысле их соответствия требованиям безопасности. Влияние микроклимата, световой среды, шума и тяжести труда производилось по результатам сопоставления реального значения данных факторов с допустимыми значениями по СанПиН 1.2.3685-21 с учетом критериев приложения 1 к [2]. Состояние оборудования и инструментов оценивалось коэффициентом опасности оборудования, который определялся как отношение невыполненных требований нормативных документов к общему количеству требований, изложенных в соответствующих нормативных документах. В докладе приведены конкретные результаты оценки риска.

Библиографический список

1. Горбунов А.Г. Методика оценки индивидуального профессионального риска /Материалы Международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электротехнологии» XVIII Бенардосовские чтения, т.1. 12 июня 2021 г.
2. Приказ Минтруда России от 24.01.2014 № 33н (ред. от 27.04.2020) «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» (Зарегистрировано в Минюсте России 21.03.2014 № 31689) [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_158398/.

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

ЦЕНТР ОХРАНЫ ТРУДА

Назначение центра охраны труда (ЦОТ) – обеспечивать организацию и проведение спектра услуг по охране труда для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей. Услуги включают в себя следующие виды деятельности: организацию и проведение специальной оценки условий труда; организацию и проведение обучения по охране труда; аутсорсинг охраны труда. Актуальность деятельности ЦОТ обусловлена обязательными для всех работодателей процедурами в области охраны труда. В частности, специальная оценка условий труда (СОУТ) на рабочем месте проводится не реже чем один раз в пять лет; обучение и проверка знаний охраны труда (ОТ) рабочих профессий осуществляется не реже чем один раз в год. Аутсорсинг охраны труда востребован компаниями с небольшой численностью персонала (малыми предприятиями, микропредприятиями). Основным видом деятельности центра охраны труда (ЦОТ) планируется организация и проведение специальной оценки условий труда (СОУТ). Два других вида деятельности (организация и проведение обучения по охране труда; аутсорсинг охраны труда) планируется осуществлять после прохождения первого этапа и при успешном функционировании ЦОТ. При открытии ЦОТ наибольший вес имеют риски «Отсутствие аккредитации испытательной лаборатории в области проведения исследований (испытаний) и измерений вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса» и «Дефицит высококвалифицированных кадров по видам деятельности ЦОТ». Оба этих риска необходимо устранить на начальном этапе, в противном случае предоставление услуг в области проведения специальной оценки условий труда невозможно. Основными измеримыми технологическими параметрами являются следующие: стоимость проведения работ по СОУТ (руб.); время проведения СОУТ (час.); количество рабочих мест для проведения СОУТ в течение года для обеспечения точки безубыточности (шт.); продолжительность курса обучения (повышение квалификации/переподготовка) по охране труда (час.); стоимость курса обучения (повышение квалификации/переподготовка) по охране труда (руб.); количество обучающихся для обеспечения точки безубыточности (чел.); количество функций реализуемых в рамках аутсорсинга (шт.); стоимость аутсорсинга по охране труда в зависимости от количества рабочих мест, наличия опасных и вредных факторов и т.д. (руб.); продолжительность предоставления услуг по аутсорсингу (мес.).

*В.А. Косякова, Л.С. Вьюшина, Н.В. Комарова студ.;
рук. Ю.Ю. Рогожников, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЁТА МЕДИЦИНСКИХ ОСМОТРОВ

Информационная система учёта медицинских осмотров («ИСУ МО») представляет собой компьютерную программу, которая будет обеспечивать учёт медосмотров и психофизиологических обследований. Основными функциями программы будут являться следующие: учет локальных нормативных актов по организации проведения медосмотров; учет возможных лечебных учреждений для проведения медицинского осмотра; регистрация прохождения медицинских осмотров (предварительных, периодических, внеочередных) и обязательных психиатрических освидетельствований психофизиологических обследований; планирование и контроль прохождения медосмотров; формирование плана-графика проведения медосмотров и психофизиологических обследований; обеспечение связи специализаций персонала и связанных норм прохождения медосмотров и психофизиологических обследований; формирование перечня профессий, подлежащих периодическому медосмотру; формирование листа ознакомления с планом-графиком медосмотров и психофизиологических обследований; формирование списка лиц, подлежащих периодическому медосмотру; формирование направлений на медосмотр и психофизиологическое обследование; учет и анализ результатов прохождения работниками медицинских осмотров, (формирование заключительного акта); уведомление о необходимости повторного прохождения медосмотров и обязательных психиатрических освидетельствований психофизиологических обследований; регистрация актов о случаях профессиональных заболеваний; отчет (анализ) о случаях профессиональных заболеваний (острое или хроническое, количество, диагноз, структурное подразделение), сведения о трудоспособности, назначении компенсационных выплат «моральный вред»; формирование акта о случае профессионального заболевания; прикрепление электронных копий актов о случаях профессиональных заболеваний и протоколов заседания комиссий по расследованию. Актуальность разработки и внедрения подобных систем обусловлена необходимостью развития эффективных систем управления охраной здоровья работников на предприятиях. Разработка программных модулей «ИСУ МО» осуществляется в среде программного комплекса «Диагностика+», который разработан в Ивановском государственном энергетическом университете (ИГЭУ).

*С. Ишанкулиева, студ.; рук. Ю.Ю. Рогожников, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ-ЭНЕРГЕТИКОВ

Разработка комплексной системы дистанционного обучения (КСДО) предполагает реализацию полного цикла процесса дистанционного обучения (ДО). Цикл процесса ДО включает следующие этапы: регистрация обучаемого, обучение, сдача экзаменов, получение соответствующего свидетельства. Продолжительность цикла обучения зависит от количества часов запланированных на обучение. В процессе ДО участвуют следующие группы: компания; обучающиеся (работники компании); образовательная организация (образовательный или обучающий центр организации/компании), имеющая соответствующую лицензию. Каждый из участников в рамках процесса ДО реализует следующие цели: компания – повышает уровень компетентности своих работников, что отражается на производительности их труда; обучающиеся – получают знания, навыки и соответствующие свидетельства государственного образца, необходимые для повышения профессионального уровня и карьерного роста; образовательная организация (образовательный или обучающий центр организации/компании) – реализует технологию обучения с возможностью её тиражирования.

В течение первых двух лет эксплуатации управление КСДО осуществляется из образовательной организации. Затем оно передается в компанию, при этом КСДО может быть интегрирована с соответствующими информационными системами предприятия. Таким образом, после 3-х лет реализации проекта разработанная КСДО может полностью управляться самой компанией (обучающим центром компании), а образовательная организация осуществляет выдачу удостоверений, авторский надзор, сопровождение и замену отдельных (устаревших) учебных модулей по согласованию с компанией. Структура и технология использования КСДО должна допускать возможность ее эксплуатации силами самой компании. Реализация проекта планируется в два этапа. На первом этапе разрабатывается собственно КСДО, а на втором этапе наряду с разработкой КСДО начинается активная эксплуатация созданной системы. Основой для расчета стоимости ДО служат затраты на подготовку и реализацию программы обучения. В качестве программы обучения понимается курс краткосрочного повышения квалификации (в объеме от 72 до 100 часов) подготовленный по тематике заказчика и реализованный в режиме дистанционного обучения.

А.А. Позднякова, Т.С. Колобова, студ.;
рук. Ю.Ю. Рогожников, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЁТА СПЕЦОДЕЖДЫ, СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ, СМЫВАЮЩИХ И ОБЕЗВРЕЖИВАЮЩИХ СРЕДСТВ

Информационная система учёта спецодежды, средств индивидуальной защиты, смывающих и обезвреживающих средств («ИСУ СИЗ») представляет собой программный продукт, обеспечивающий автоматизацию операций по учёту спецодежды, средств индивидуальной защиты, смывающих и обеззараживающих средств. Подлежат автоматизации следующие операции по учёту спецодежды, средств индивидуальной защиты (СИЗ), смывающих и обеззараживающих средств (СиОС): формирование норм бесплатной выдачи СИЗ и СиОС по должностям и профессиям; установка и учет размеров спецодежды и антропометрических размеров работников; установка норм и потребностей в спецодежде, спецобуви, СИЗ и СиОС; формирование внутреннего заказа с учетом складских остатков и выявленных потребностей; контроль сроков носки, информирование об окончании срока носки; ведение учета на складах спецодежды и СИЗ по размерам с учетом процента износа; учет выданной спецодежды и СИЗ с учетом размеров, процента износа и срока износа; формирование «Личной карточки учета выдачи СИЗ», «Формирование личной карточки учета выдачи СиОС» и других печатных форм; обмен данными с системой складского учета; формирование сводной аналитической отчетности по СИЗ. Актуальность разработки и внедрения подобных систем обусловлена необходимостью развития эффективных систем автоматизирующих процессы, связанные с учётом спецодежды, средств индивидуальной защиты, смывающих и обеззараживающих средств.

Программный продукт «ИСУ СИЗ» реализуется посредством программного комплекса «Диагностика+». Центральное место в системе «Диагностика+» занимает экспертная система, которая является ядром всей системы. Архитектура системы «Диагностика+», встроенный язык программирования «Z+», редактор правил, предварительный компилятор, интерпретатор и другие элементы системы позволяют реализовать «ИСУ СИЗ». Предполагается, что в своём развитии «ИСУ СИЗ» будет обеспечивать также поддержку принятия решений при выборе оптимального производителя/поставщика СИЗ по выбранным критериям (цена, качество, срок исполнения заказа и др.).

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

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ЭКСПЛУАТАЦИЮ КОТЛА КВ-Г-7,56-95Н

Водогрейные котлы КВ-Г-7,56-95Н отопительной котельной предназначены для получения горячей воды давлением 0,6 МПа и номинальной температурой 95°C. Производство тепловой энергии сопровождается техногенными воздействиями, которые могут представлять вредными и опасными факторами производственной среды и трудового процесса, оказывающими влияние на работоспособность и здоровье работника. Техногенное воздействие в котельной является вещественно-энергетическим воздействием какого-либо элемента котла на работника. Детерминированные воздействия, например воздействие инфракрасного излучения, сопровождают эксплуатацию котла, а стохастические воздействия, в частности взрывное, возникают вследствие происшествий. Задача научного исследования состоит в разработке информационно-компьютерной модели идентификации техногенных воздействий, создаваемых котлом КВ-Г-7,56-95Н.

Предлагаемая методика идентификации техногенных воздействий включает в себя следующие стадии:

- представление котла КВ-Г-7,56-95Н исходной техногенной системой, функцией которой является производство горячей воды;
- разделение техногенной системы на компоненты с наделением их функциями, соответствующими назначению составляющих котла;
- представление компонентов техническими системами с их последующей декомпозицией, завершая её обозначением элементов системы с указанием их функции;
- обозначение разновидностей вещества и энергии технических элементов;
- определение по выявленной разновидности вещества или энергии детерминированных воздействий, создаваемых элементами;
- указание происшествий и стохастических воздействий, источниками которых являются элементы системы.

Информационно-компьютерную модель идентификации техногенных воздействий, создаваемых котлом КВ-Г-7,56-95Н, предполагается использовать для решения вопросов промышленной безопасности и охраны труда при эксплуатации отопительной котельной.

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

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ЭКСПЛУАТАЦИЮ ГАЗОВОЙ СЕТИ В КОТЕЛЬНОЙ

Газовая сеть в отопительной котельной предназначена для снабжения водогрейных котлов природным газом. Подача природного газа на производство тепловой энергии сопровождается техногенными воздействиями, которые могут представлять вредными и опасными факторами трудового процесса и производственной среды, оказывающими влияние на здоровье и работоспособность обслуживающего персонала.

Техногенное воздействие при газоснабжении котельной является вещественно-энергетическим воздействием какого-либо элемента газовой сети на работника. Детерминированные воздействия, в частности воздействие шума, сопровождают эксплуатацию газовой сети, а стохастические воздействия, например пожарное, возникают вследствие происшествий. Задача научного исследования состоит в разработке информационно-компьютерной модели идентификации техногенных воздействий, создаваемых газовой сетью котельной.

Разрабатываемая методика идентификации техногенных воздействий включает в себя следующие стадии:

- представление газовой сети исходной техногенной системой, функцией которой является снабжение котлов природным газом;
- разделение системы на компоненты с наделением их функциями, соответствующими назначению составляющих газовой сети;
- представление компонентов технетическими системами с их последующей декомпозицией, завершая её обозначением элементов системы с указанием их функции;
- обозначение разновидностей вещества и энергии технетических элементов;
- определение по выявленной разновидности вещества или энергии детерминированных воздействий, создаваемых элементами;
- указание происшествий и стохастических воздействий, источниками которых являются элементы системы.

Информационно-компьютерную модель идентификации техногенных воздействий, создаваемых газовой сетью котельной, предполагается использовать для решения вопросов промышленной безопасности и охраны труда.

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

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СМЕРТЕЛЬНЫХ СЛУЧАЕВ НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ

Исследование смертельных случаев, произошедших на объектах энергетики, показывает актуальность разработки мероприятий, направленных на снижение травматизма на рабочих местах.

Так за период с 2021 по 2023 в России произошло 78 несчастных случаев со смертельным исходом, что, не смотря на относительное снижение по сравнению с предыдущими годами, составляет существенную величину в абсолютных значениях.

Анализ причин летальных случаев позволил определить перечень потенциально эффективных мероприятий, направленных на снижение травматизма [1].

К числу таких мероприятий можно отнести.

Во-первых, корректировку обучающих и тестирующих материалов по технике безопасности. Предлагается внедрение интерактивности, игровых элементов и иных современных педагогических методик. Кроме того, особое внимание необходимо уделить вопросу соответствия используемых материалов актуальной нормативной базе, отсутствию неточностей.

Во-вторых, применение современных технологий, например, нагрудных видеорегистраторов, в ходе выполнения рабочих обязанностей. Данная мера повысит самоконтроль работника и поможет расследованию случаев травматизма на рабочих местах.

В-третьих, популяризация здорового образа жизни, который благоприятно влияет как на физическое, так и на психическое самочувствие рабочих. Всё это приводит к улучшению мышления и снижению числа ошибок.

Итогом предложенных мероприятий ожидается дальнейшее снижение числа летальных случаев, а также травматизма в целом на объектах энергетики.

Библиографический список

1. Томаков, М.В. Анализ причин несчастных случаев на энергетических объектах России, подконтрольных органам РосТехНадзора / М.В. Томаков, В.И. Томаков, Е.Г. Пахомова, В.В. Андриенко, А.В. Брежнев // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2018. Т. 8, № 4 (29). С. 64 – 71.

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

О ВЛИЯНИИ УДЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ БИОХИМИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ АЭРАЦИИ В АЭРОТЕНКЕ

Расчеты продолжительность аэрации выполнены для аэротенков: двух типов: аэротенка-смесителя и аэротенка-вытеснителя по программе «Аэротенк, разработанной на каф. БЖД». Расчёт аэротенков выполнен для очистки двух видов сточных вод: 1 – производственных стоков и 2 – коммунально-бытовых.

Удельная скорость биохимического окисления $s_{н}$, мг/(г·ч), производственных стоков $s_{н1}$ задавалась в диапазоне от 3,3 (от целлюлозно-бумажной промышленности) до 36 (от производства лавсана), а для коммунально-бытовых сточных вод $s_{н2}$ принималась постоянной.

Для обоих видов загрязнений были определены средние скорости окисления по формуле (3.5): s_1 и $s_2 = \text{const}$ и продолжительности аэрации загрязнений первого τ_{a1} и второго τ_{a2} вида. Продолжительность аэрации в аэротенке-смесителе ($\tau_{a\text{см}}$) принималась по наибольшей величине τ_{a1} , а аэротенка-вытеснителя ($\tau_{a\text{выт}}$) по сумме τ_{a1} и τ_{a2} .

На рис. представлены результаты расчетов продолжительности аэрации.



Рис. Зависимость времени аэрации от удельной скорости S окисления: τ_{a1} и τ_{a2} – время аэрации первого и второго потоков; $\tau_{a\text{см}}$ и $\tau_{a\text{выт}}$ – время аэрации в аэротенках смесителя и вытеснителя

Расчеты показали, что для принятых исходных данных продолжительность аэрации и, соответственно, объем аэротенка-вытеснителя при увеличении S снижается, а аэротенка-смесителя снижается **только** при $S < 15$, а при $S > 15$ не изменяется.

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

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП НА ЗРИТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ ЧЕЛОВЕКА

Известно, что светодиодные лампы имеют повышенное излучение в спектральной полосе 440 – 460 нм, которая соответствует синему свету. Данное излучение, избыточное относительносолнечного света с той же цветовой температурой и освещенностью, приводит к увеличению риска ухудшения зрения и развития катаракты.

Указанный факт связан с физиологическими особенностями строения органов зрения, которые формировались в условиях солнечного света, в котором доля синего света существенно ниже, чем в светодиодных источниках света [1].

Следствием чего является неадекватное управление диаметром зрачка глаза, освещаемого светом светодиодных ламп, приводящее к негативно-му воздействию на сетчатку глаза и ее сосуды.

В качестве профилактики вредного воздействия синего света на зрительную систему человека предлагаются следующие мероприятия:

- использование в лампах светофильтров, блокирующих синий свет с длинной волны порядка 460 нм [2];
- применение ламп с нейтральным т.е., с биологически адекватным светом;
- использование систем освещения отражённого света;
- употребление в пищу продуктов, содержащих пигмент лютеин, предотвращающий дегенеративные нарушения сетчатки глаз.

Соблюдение предложенных мер позволит уменьшить вредное воздействие синего света на зрительный аппарат человека и сохранить зрение в долгосрочной перспективе.

Библиографический список

1. Капцов В.А., Дейнего В.Н. Синий свет светодиодов - новая гигиеническая проблема // Анализ риска здоровью. 2016. №1 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/siniy-svet-svetodiodov-novaya-gigienicheskaya-problema> (дата обращения: 12.04.2023).

2. Кондрашкин А.С., Ашрятов А.А. Поиск путей снижения негативного воздействия синей полосы в спектре излучения белого светодиода на орган зрения. В сборнике: XLVI Огарёвские чтения. Материалы научной конференции: В 3-х частях. Ответственный за выпуск П.В. Сенин. 2018. С. 326-330.

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

ИЗМЕНЕНИЯ В ПОРЯДКЕ ОБУЧЕНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА В СВЯЗИ С ПРИКАЗОМ МИНТРУДА №2464

В настоящее время в связи с интенсивностью развития производственных процессов, появлением и развитием новых видов деятельности, обучение охране труда приобретает все большее значение.

Приказ Минтруда № 2464 [1] вносит изменения в порядок организации обучения по охране труда для работников организаций всех форм собственности. Постановление вступило в силу с 1 января 2022 года и действует до 1 сентября 2026 г. Изменения касаются следующих вопросов:

1. Обязательное обучение по охране труда должны пройти все работники, в том числе и те, кто работает на договорной основе, а также все лица, поступающие на работу в организацию.

2. Обучение по охране труда будут проводить только аккредитованные организации, имеющие соответствующие лицензии, свидетельства и сертификаты.

3. Устанавливаются два вида обучения: обязательное обучение для всех работников и слушателей, а также дополнительное обучение для отдельных категорий работников, занятых на определенных видах работ.

4. Обучение по охране труда должно проводиться не реже чем раз в три года.

5. Для прохождения обязательного обучения по охране труда работающие могут выбирать между очными и дистанционными формами обучения.

6. После прохождения обучения по охране труда каждый работник должен получить удостоверение о прохождении обучения с указанием основных требований охраны труда, соответствующих категории работника.

Изменения в порядке обучения связаны с необходимостью повышения квалификации работников, а также с ужесточением ответственности работодателей за нарушения в области охраны труда.

Библиографический список

1. Приказ Минтруда России № 2464 от 28 июля 2021 года “Об утверждении Правил проведения обучения по охране труда работников и слушателей подготовительных курсов”.

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

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА В РАМКАХ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРА- НОЙ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Одним из важнейших показателей, позволяющим оценить эффективность системы управления охраной труда предприятия (СУОТ), служит результативность деятельности по управлению профессиональными рисками на рабочих местах.

В связи с этим актуальным является разработка алгоритма оценки профессионального риска (ОПР) с учетом специфики деятельности предприятия.

Рассматриваемый алгоритм ОПР включает следующие этапы:

1. Выбор метода проведения ОПР (в частности, метода «Матрица последствий и вероятностей») в соответствии с рекомендациями [1, 2].
2. Встраивание ОПР в СУОТ [3].
3. Назначение ответственных за проведение оценки профессиональных рисков
4. Утверждение и введение в действие результатов проведения исходного анализа.
5. Формирование перечня рабочих мест, на которых будет проводиться ОПР.
6. Идентификация риска, определение источников и факторов риска.
7. Определение мер управления рисками
8. Выполнение расчета и оценки выявленных рисков с оценкой вероятности последствий, причинно-следственных взаимосвязей и взаимозависимостей, и учетом неопределенности.
9. Формирование перечня мероприятий для управления выявленными рисками, назначение ответственных за их выполнение.
10. Периодическая актуализация ОПР и оценка эффективности управления рисками на предприятии.

Библиографический список

1. **Приказ** Минтруда России № 926 от 28 декабря 2021 г. «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков».
2. **ГОСТ Р 58771-2019** "Менеджмент риска. Технологии оценки риска".
3. «**Примерное** положение о системе управления охраной труда», утв. Приказом Минтруда России от 29.10.2021 N 776.

СЕКЦИЯ 12
МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ

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

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

*М.А.Васильев, маг.; рук. А.Н.Никонов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БАРАБАНА КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА

Для конструктивного совершенствования элементов парогазовых установок, их структурной и режимной оптимизации требуются математические модели, отражающие показатели энергетической эффективности оборудования при изменении условий эксплуатации. По котлам-утилизаторам моделирование традиционно осуществляется с применением специализированных программных комплексов, в которых реализуются подмодели теплогидравлических расчетов элементов водопарового и газового трактов котла. Такой подход затрудняет решение практических задач, поскольку требует лицензионного программного обеспечения и соответствующей квалификации расчетчика. Актуальным направлением решения проблемы является статистическая обработка результатов расчетов, полученных с применением специализированных программных комплексов, и разработка на этой основе упрощенной математической модели в виде регрессионных зависимостей показателей работы котла от варьируемых параметров.

В данной статье рассматривается процедура разработки математической модели барабана котла-утилизатора П-116 в программном комплексе «SimInTech». Подобная модель позволит исследовать влияние режимов на изменение основных параметров объекта, в частности, уровня в барабане котла-утилизатора, а также взаимосвязь параметров между собой. Также в имитационную модель был внедрен ПИ-регулятор и адаптивный регулятор для уровня барабана, чтобы в дальнейшем оценить качество регулирования и сделать вывод об эффективности работы регуляторов в системе.

Библиографический список

1. Разработка упрощенной математической модели котла-утилизатора П-88 для режимов работы при нагрузках, близких к номинальной/ Б. Л. Шельгин, С. А. Панков, Г. В. Ледуховский — Иваново: Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина, «Вестник ИГЭУ», вып.1 — 2021 г. — 13 с.

А.А. Вихрева студ.; рук. В.Х. Костюк к.ф.-м.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ В ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ

Вязкость - свойство текучих тел (жидкостей) оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой и обусловлена переносом импульса от одного слоя к другому. При увеличении температуры вязкость жидкости быстро уменьшается.

В работе изучены зависимости вязкости жидкости η (глицерин) от температуры T и от концентрации. Полученная опытная зависимость (рис.1) дает возможность по уравнению Френкеля-Андрате (1) оценить энергию активации W молекул глицерина.

$$\eta = C e^{\frac{W}{kT}}, \quad (1)$$

где C – коэффициент, зависящий от свойств жидкости.

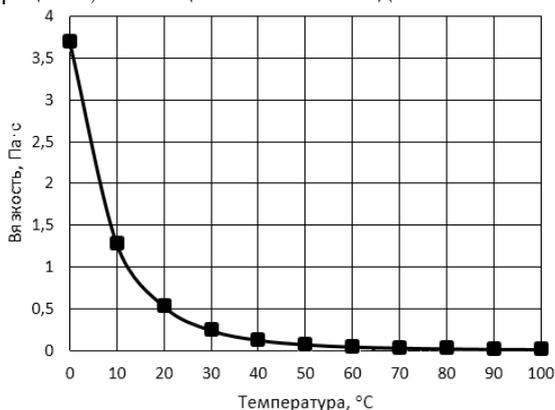


Рис. 1. Зависимость вязкости от температуры для 95%-раствора глицерина

Методом Рунге-Кутта 4 порядка решено дифференциальное уравнение движения тела сферической формы в глицерине.

Экспериментальным методом раскадровки видеофайлов определены экспериментальные значения координаты и времени и построены теоретическая и экспериментальная зависимости пути от времени $s = s(t)$. Сравнение зависимостей дает возможность найти участок движения тела сферической формы с постоянной скоростью. По полученным данным опыта построен график зависимости скорости от времени $v = v(t)$. Уточненное значение скорости позволяет получить более точное значение вязкости.

Полученные результаты могут быть полезны в лабораторном практикуме в курсе общей физики.

Д.Е. Гамарц, Н.О. Яблоков, Р.В. Тесаловский, студ.;
рук. А.И. Тихонов, д.т.н., проф. (ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ И ИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРИ ПОМОЩИ КИРЛИАНОВСКОЙ УСТАНОВКИ

Главная проблема физики заключается в том, что она не понимает, что такое жизнь, и очень интересно было бы подобрать или создать гипотезу, которая бы вписывалась в систему физических законов, при этом давала чёткое понятие что есть жизнь. Задача исследования состояла в том, чтобы подтвердить или опровергнуть гипотезу биополя путём опытных исследований на кирлиановской установке, как с живыми материалами, так и с неживыми. Для опытов использовались листья осины, капли водопроводной воды. Суть первого опыта состояла в том, чтобы проверить гипотезу о «дорисовывании» электромагнитным полем кончика оторванного листа. На рис.1 наблюдается свечение, похожее на кончик оторванного листа, но если оторвать большую часть листа, то данная корреляция не наблюдается (рис.2).

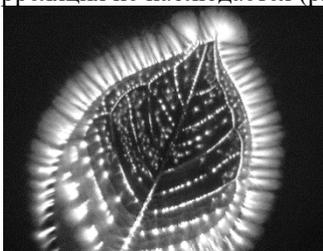


Рис.1. Опыт №1

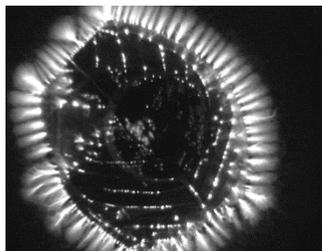


Рис.2. Опыт №2

Второй опыт проверял «дорисовывание» не с краю листа, а в его центре, для чего мы сделали отверстие в центре, и получили едва заметные линии, которые примерно повторяли линии самого листа (рис.2). При этом эти линии становились всё менее заметны по истечению небольшого промежутка времени (рис.3). Разница снимков 2 и 3 – 5 минут.

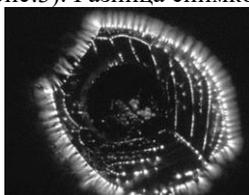


Рис.3. Опыт №3

*С.О. Гордеев, студ.; Н.В. Прохорова, ст. преп.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ДЛЯ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Важной задачей образования является повышение качества подготовки специалистов на основе использования в учебном процессе современных информационных технологий. Составляющей частью образовательного процесса является лабораторный практикум, который сложно реализовать при дистанционном обучении. Нами были разработаны лабораторные работы в среде виртуального лабораторного стенда (ВЛС). Практикум позволяет студентам ознакомиться с приборами, приобрести навыки сборки схем и проведения исследований. При этом может быть устранен временной разрыв между этапами подготовки к выполнению лабораторной работы, проведением работы и контролем знаний. Круглосуточный доступ к ВЛС позволяет объединить все этапы проведения лабораторной работы в единый процесс в течение одного лабораторного занятия.

Пример виртуальной дистанционной лаборатории представлен на рис. 1. Результаты, полученные с помощью виртуальной установки идентичны результатам, полученным на реальной установке. Достоинствами дистанционной формы обучения являются простота доступа к учебному материалу, возможность заниматься в удобное время, доступность, независимость от места проживания.

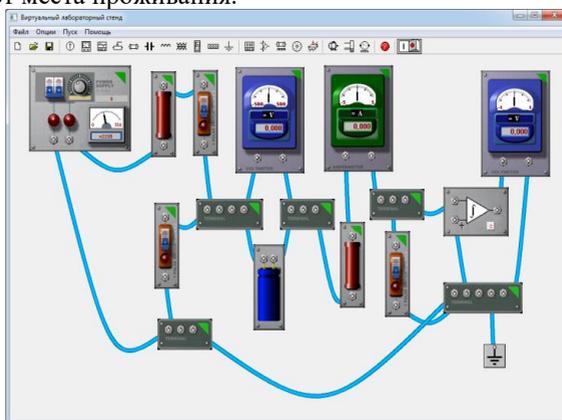


Рис. 1. Пример лабораторной работы в среде ВЛС

*К.А. Громов, студ.; рук. Г.А. Шмелева, к.п.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАСЧЕТ РАЗНЫХ ВИДОВ ДИФРАКЦИИ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ПО ОПТИКЕ

После проведения опытов по изучению дифракции (дифракция на щели, дифракция на двух щелях, дифракция на одномерной и двумерной решетках) и обработки результатов эксперимента становится ясно, что результаты опытов не идеальны.

Цель данной работы найти способ улучшения качества проводимых экспериментов. Перед нами стояли следующие задачи: изучение теоретической основы эксперимента; изучение практической основы эксперимента; сбор и анализ полученных данных; выявление возможных проблем; поиск решения обнаруженных проблем.

Основным источником исследования являются лабораторные работы, проводимые на кафедре физики ИГЭУ.

В лабораторном практикуме на дифракцию выделяют 3 основных опыта: дифракция на щели, дифракция на двух щелях, дифракция на одномерной и двумерной решетках. Дифракция - любое отклонение распространения волн вблизи препятствий от законов геометрической оптики.

В физике существует 2 основных вида дифракции: дифракцию Френеля (картина наблюдается на конечном расстоянии от препятствия) и дифракцию Фраунгофера (картина наблюдается на бесконечном расстоянии от препятствия). Поскольку в наших опытах расстояние от препятствия до экрана много больше длины дифракции, то мы имеем дело с дифракцией Фраунгофера.

Объект исследования (рис.1) представляет собой тонкий стеклянный диск с непрозрачным покрытием, на котором радиально сделаны 36 пар щелей разной ширины с разными расстояниями между щелями. Пары щелей равной ширины объединены в группы по четыре, в пределах группы изменяются расстояния между щелями. В центре расположена одномерная дифракционная решётка.



Рис.1. Объект исследования

Результаты проведенной работы могут применяться в лабораторном практикуме по оптике.

*В.В. Елисейев, студ.; рук. Н.Г. Демьянцева, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОПЛАВКОВОМ РЕГУЛЯТОРЕ УРОВНЯ ВОДЫ

Для регулирования уровня воды в котлах используют поплавковые регуляторы (регуляторы Ползунова). В данной работе представлена одна из моделей такого регулятора. В основе работы регулятора использованы физические процессы, связанные с плаванием тел (закон Архимеда), нагреванием, кипением, испарением воды, вытеканием воды из трубы. Моделирование этих процессов позволяет наглядно демонстрировать работу данного устройства в различных режимах. При изменении уровня воды в котле, поплавковый клапан перемещается. В результате отверстие трубы закрывается или открывается.

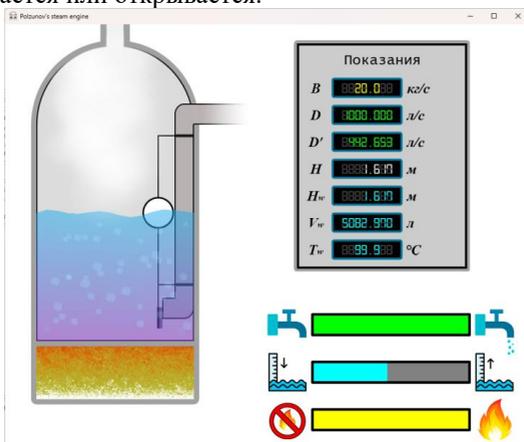


Рис. 1. Симуляция испарения воды в котле и перемещения клапана

Данная работа будет интересна всем, кто изучает моделирование физических процессов.

При создании программы был выбран язык программирования C++.

Библиографический список

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Уч. Пособие для вузов. В 5 т. Т. 1. Механика. – М.:ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2005. – 560 с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Уч. Пособие для вузов. В 5 т. Т. 2. Молекулярная физика и термодинамика. – М.:ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2005. – 591 с.

*А.Р. Зокиров, студ.; рук. М.Н. Шипко, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ОЗОнового СЛОЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Сохранение объёма и толщины озонового слоя (ОС) является экологической проблемой. В последние три десятилетия ОС существенно уменьшается из-за увеличения производственных выбросов тепловых станций и использования экологически грязных технологий.

В работе рассмотрены особенности уменьшения толщины и объёма ОС, формирование озоновых дыр, влияющих на жизнедеятельность живых организмов на Земле. Озоновые дыры есть участки атмосферы, где толщина ОС уменьшается настолько, что становится недостаточной для защиты Земли от ультрафиолетовых лучей. Современные исследования показывают, что площадь полярной озоновой дыры на октябрь 2021 г. составила 24 млн. км² (размер Северной Америки). В июле 2022 г. обнаружена озоновая дыра в тропиках. Количество озона в её центре истощено примерно на 80%. Результаты исследований, опубликованные П. Янгом в работе «Научная оценка разрушения озонового слоя 2022 г.», показывают прогрессирующую деградацию ОС.

С 1985 г. охрана ОС стала одним из важных направлений промышленности и экологической политики многих стран. Проблема сохраняет актуальность в настоящее время. В работе рассмотрены направления решения проблемы, связанные: с более эффективной очисткой дымовых газов теплогенерирующих установок; с внедрением новых технологий добычи и переработки природных ресурсов (газа, нефти, угля, торфа, древесины и т.д.); со снижением количества холодильных установок, использующих фреоны; с разработкой способов регулирования климатических условий, обуславливающих восстановление ОС; с внедрением промышленных производств, исключающих использование экологически грязных технологий.

В литературе приводятся различные мнения о механизмах процессов, которые способствуют достижению требуемых параметров ОС.

Библиографический список:

- 1. Арустамов Э.А.** Природопользование: Учебник. – 6-е изд., перераб. И доп. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2004. – 312с.
- 2. Комиссаров К.Б., Лутков С.А., Филь А.В.** Комплексная очистка дымовых газов теплогенерирующих установок. Монография. – Ростов н/Д.: Филиал ФГБОУ ВО «ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова» в г. Ростове-на-Дону, 2007. – 134 с.
- 3. Валова В.Д.** Экология: Учебник. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2007. – 352с.
- 4. Сурнина А.** Озоновые дыры: почему они возникают и что с ними делать? – URL: <https://www.google.com/amp/s/trends.rbc.ru/trends/amp/news/6346bdd69a79478240899acb>

*Н.А. Иванов, студ.; рук. А.А. Сатаев, к.т.н.
(НГТУ, г. Нижний Новгород)*

РАСЧЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ В АППАРАТЕ ЦИКЛОННОГО ТИПА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

Вода - является ценным ресурсом в атомной и тепловой энергетике. Качество воды влияет на эффективность и безопасность различных технологических процессах, а также на состояние оборудования и окружающей среды. Поэтому водоподготовка является важной и ответственной задачей для обеспечения надежной и экономичной работы промышленных предприятий.

В ходе работы был исследован гидроциклон «ПВО-ГЦТО-25-П» [1].

Таблица 1. Начальные данные

Параметр	Значение
Начальное давление p_0 , в бар	2,5
Температура жидкости(вода), °С	20
Объемный расход на входе, в литрах/минуту	30
Концентрация песка в воде, грамм/литр	2

Расчетное исследования было проведено с помощью прикладного пакета вычислительной гидродинамике Solidworks flow simulation.

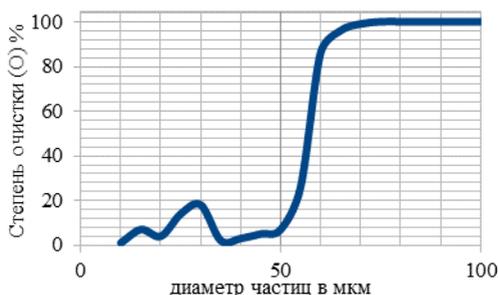


Рисунок 1. График зависимости степени очистки от диаметра частиц

В ходе расчетного исследования для частиц песка с диаметром в пределах 10-100 микрон получены следующие результаты очистки (от 1 до 100%). Высокая эффективность очистки начинается с 60 микрон - 86% очистки.

Библиографический список

- ГОСТ 10718-81 Гидроциклоны технические условия

*В.В. Кашина, студ.; рук. С.М. Кузьмин, к.х.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ЭЛЕКТРОХРОМНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИ-5,10,15,20-ТЕТРАКИС (4-ГИДРОКСИФЕНИЛ) ПОРФИРИНА

Порфирины обладают превосходными электронными и оптическими свойствами из-за их большой системы сопряжения π -электронов. В настоящей работе пленка поли-5,10,15,20-тетракис(4-гидроксифенил)порфирина получена электрохимической полимеризацией при активации процесса синтезируемым электрохимически супероксид анион-радикалом на прозрачном FTO электроде. Проанализированы процессы, приводящие к изменению интенсивности спектра при варьировании потенциала.

Изменение спектральных характеристик материала при варьировании потенциала выполнено в кварцевой кювете, заполненной ацетонитрилом, содержащим 0.02 М тетрабутиламмония перхлората в качестве иммерсионной среды.

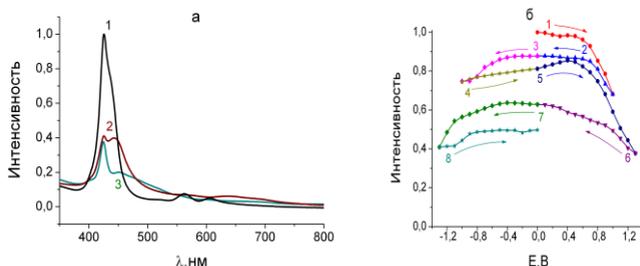


Рис.1. Спектры пленки поли-5,10,15,20-тетракис(4-гидроксифенил)порфирина: (а) начальное (1), восстановленное (2), окисленное (3) состояние; (б) изменение интенсивности полосы Соре при варьировании потенциала

Циклирование потенциала приводит к изменению интенсивности спектра (рис. 1а). На рис. 1б представлено изменение интенсивности спектра. Изучение интенсивности спектра было проведено с помощью методов оптической и атомно-силовой микроскопии, которые показали, что произошла электродесорбция материала пленки.

Электродесорбция позволяет реализовать процессы, в которых порфириновый полимер формируется электрохимически на некоторой поверхности, затем переводится в раствор при помощи десорбции и осажается на другой поверхности.

М.А. Милюков, студ.; рук.: Н.Г. Демьянцева, к.т.н., доц.,
И.П. Игошин к.ф.-м.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА МОДЕЛИ ПУЛЬПОЗНОГО ЯДРА МЕЖПОЗВОНКОВОГО ДИСКА ПО ВНУТРИДИСКОВОМУ ДАВЛЕНИЮ

Разработка автоматизированных методов диагностики и новых методик лечения заболеваний, несомненно, является актуальной. В работе представлена компьютерная программа выбора геометрической модели проницаемости пульпозного ядра (ПЯ) межпозвонкового диска (МПД) по экспериментальным значениям внутридискового давления (ВДД) и времени проникновения измерительной капли (t). ВДД и t измеряются во время пункционной декомпрессивной нуклеопластики МПД [1]. Значения ВДД задаются на первой странице интерфейса (рис.1.) в см вод. ст. (Н), а время (t) в секундах. Дополнительно вводится количественный результат дооперационного КТ или МРТ обследования в виде отношения высоты исследуемого МПД к наибольшей высоте одного из соседних дисков h/h_0 .

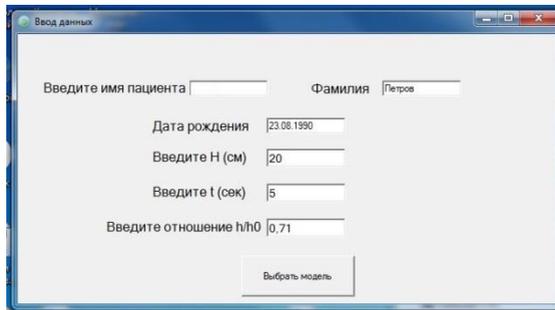


Рис.1.

На последней странице интерфейса выводится информация о соответствии выбранной модели значениям H , t , и h/h_0 , а также молекулярно массовый состав гиалуроновых кислот (ГК) в этой модели. Отсутствие ГК определенной молекулярной массы помогает при выборе лекарственных препаратов терапевтического воздействия для лечения и последующей реабилитации.

Библиографический список

1. Пункционная нуклеопластика при дискогенной боли в спине с использованием биоактивного концентрата мелких морских рыб – от экспериментальной модели к клинической практике/ В.П. Смирнов, В.П. Жуков, И.П. Игошин // Лечебное дело: журнал. – Москва: ООО «Издательское предприятие «Атмосфера». – 2021. - №. – С.104 – 114.

М.С. Пластинин, Фримпонг Иви Квабеа, студ.; рук. М.С. Фадеева, асс. (ИГЭУ, г. Иваново)

ВЛИЯНИЕ ПОПРАВОК ЛАДЕНБУРГА НА РАСЧЕТ ВЯЗКОСТИ ГЛИЦЕРИНА МЕТОДОМ СТОКСА

В физическом практикуме традиционной лабораторной работой является определение динамической вязкости жидкости по методу Дж.Р.Стокса. Сила сопротивления Стокса действует на твердый шар радиусом r при медленном равномерном движении в непрерывной вязкой жидкости с коэффициентом динамической вязкости η и равна

$$F = 6\pi r\eta v.$$

Условие бесконечной среды, заложенное в данной формуле, не соблюдается экспериментально. Проверка формулы Дж.Р.Стокса обнаруживает заметное влияние стенок сосуда, в котором движется шар. Частный случай движения в конечном цилиндре был рассмотрен Р.Ладенбургом, который вывел поправки на влияние радиуса R и высоты H цилиндра:

$$F = 6\pi r\eta v \cdot \left(1 + 2.4 \cdot \left(\frac{r}{R}\right)\right) \cdot \left(1 + 3.3 \cdot \left(\frac{r}{H}\right)\right).$$

В работе определено влияние поправок Р.Ладенбурга на расчёт η . Для этого построены экспериментальная зависимость пути $S(t)$ и с учетом поправок. По зависимости $S(t)$ найден участок стабилизации скорости. В работе построены графики $v(t)$. Для достоверности опытов были выбраны шарики одинакового радиуса из разных материалов (стекло, свинец). Значение динамической вязкости глицерина η совпало для разных материалов шариков.

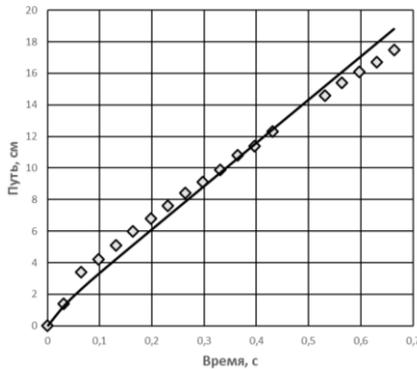


Рис.1. Зависимость пути от времени при движении свинцового шарика в глицерине: \diamond экспериментальные данные, \blacksquare теоретические данные с учетом поправок

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

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ РАСЧЕТА ИНДУКТИВНОСТИ РАССЕЙНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Анализ состояния современных систем автоматизированного проектирования (САПР) электромеханических устройств, таких как трансформаторы и дроссели, демонстрируют значительное повышение автоматизации и точности проектирования. Однако, одной из нерешенных проблем считается точное определение ряда параметров проектируемых устройств. Наиболее низкая точность расчета характерна для такого параметра как индуктивность рассеяния.

В настоящий момент для определения индуктивности рассеяния применяется опыт короткого замыкания с использованием паспортных данных ($U_k\%$), а также известных параметров трансформатора – номинального напряжения (U_n) и тока (I_n) по формуле:

$$L_\sigma = \frac{U_k \% \cdot U_n}{I_n \cdot \omega \cdot 100}. \quad (1)$$

Однако, в этом случае индуктивность рассеяния определяется приближенно как суммарная индуктивность двух обмоток трансформатора, а точность расчета невысока, так как в формуле расчета используется полное сопротивление, пренебрегается активным сопротивлением обмоток и индуктивностью намагничивания. Таким образом, существующая методика расчета индуктивности рассеяния не обладает достаточной точностью и требует улучшения.

В работе было произведено экспериментальное определение индуктивности катушки и сравнение результатов с расчетными значениями. Расчетное значение индуктивности было получено за счет использования следующей формулы:

$$L = \frac{8 \cdot 10^{-9} \cdot (d + h_{обм})^2 \cdot N^2}{3 \cdot (d + h_{обм}) + 9 \cdot l + 10 \cdot h_{обм}}, \quad (2)$$

где d – диаметр каркаса, $h_{обм}$ – толщина обмотки, l – длина обмотки, $d_{пр}$ – диаметр провода, N – количество витков.

Экспериментально значение индуктивности определялось путем измерения токов, протекающих через обмотку, и напряжения на катушке. Также было измерено сопротивление катушки постоянному току.

По результатам расчета погрешность составила не более 3%. Работа была выполнена при финансовой поддержке РФФИ, региональный конкурс Ивановской области, проект № 20-48-370001 от 19.01.2021.

Д.В. Степаньчев, студ.;
рук.: И.П. Игошин, к.ф.-м.н, доц. (ИГЭУ, г. Иваново),
Е.Л. Алексахина к.х.н., доц. (ИвГМА, г. Иваново),
В.П. Смирнов (НХО ЦРБ, г. Кинешма)

ВЫБОР МОДЕЛЕЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПУЛЬПОЗНОГО ЯДРА МЕЖПОЗВОНКОВОГО ДИСКА ПО ИК-СПЕКТРАМ ОБРАЗЦОВ ТКАНИ

В работе предложен безразмерный количественный параметр (P_m) геометрических моделей проницаемости пульпозного ядра (ПЯ) межпозвонкового диска (МПД) [1].

Этот параметр характеризует соотношение свободного и занятого белковыми образованиями пространства. Аналогичный параметр (P_c) можно вычислить по спектру поглощения образца ткани ПЯ в средней ИК области, что позволит выбрать соответствующую геометрическую модель. Образец ткани берется во время пункционной декомпрессивной нуклеопластики МПД с одновременным измерением внутридискового давления ($VDD_э$). Расчет P_c осуществляется по результатам деконволюции и ФТИР-анализа полосы поглощения в диапазоне 3200 – 3650 $см^{-1}$, обусловленной наличием свободной и связанной воды в составе образца.

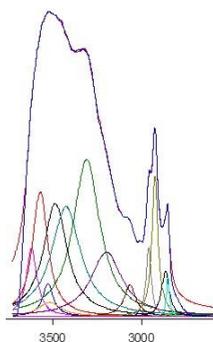


Рис.1. Пример ИК-спектра

Таблица 1 - Результаты анализа

Образцы ткани		Геометрическая модель		
$VDD_э$, см в.ст.	P_c	В модели отсутствуют ГК, МДа	VDD_m , см в.ст.	P_m
40	+0.37	0.3; 0.8; 1.9	36	+0.35
30	+0.13	0.3; 0.8; 1.3 ; 1.9	26	+0.11
25	-0.11	0.3; 0.8; 1.9; 2.4	22	-0.08

Геометрические модели различаются молекулярно массовым составом гиалуроновых кислот (ГК), значениями P_m и VDD_m . Отсутствие некоторых ГК в модели помогает при выборе лекарственных препаратов и прогнозировании результатов лечения, что определяет актуальность и практическую значимость работы.

Библиографический список

1. Применение математических моделей для диагностики и лечения межпозвонкового диска/ В.П. Смирнов, И.П. Игошин, В.П. Жуков, Д.В. Степаньчев, Е.Л. Алексахина, И.К. Томилова. //Первая конференция научно-образовательного консорциума «Иваново», 16-21 мая 2022 г, г. Иваново: ИвГУ. – 2022. – С.205 – 208

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

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ТЕПЛОВЫХ ЦЕПЕЙ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРА

Цепные модели электротехнических устройств включаются в САПР. Они позволяют производить анализ работы проектируемых устройств на стадии поверочного расчета с помощью численных экспериментов. К числу наиболее популярных систем имитационного моделирования физических процессов в электротехнических системах относится пакет Simulink SimPowerSystems.

На основе данного пакета был разработан алгоритм генерации тепловой модели обмоток трансформатора. Модель представляет собой электрическую схему замещения тепловой цепи обмотки, построенную на основе электротепловой аналогии.

Основной задачей алгоритма является построение типовой схемы, представляющей каждый виток обмотки и элементы изоляции в виде соответствующих блоков электрической схемы замещения тепловой цепи. Параметры элементов модели рассчитываются на основе физических свойств и размеров элементов. Алгоритм содержит функции масштабирования и поворота группы блоков схемы при помощи типового программного кода в среде MATLAB.

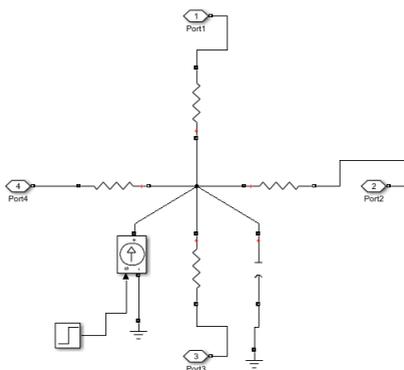


Рис. 1. Тепловая модель проводника обмотки трансформатора

Разработанная технология может быть адаптирована к проблеме моделирования физических процессов произвольной природы. Работа была выполнена при финансовой поддержке РФФИ, региональный конкурс Ивановской области, проект № 20-48-370001 от 19.01.2021.

*Д.Н. Фадеев, студ.; рук. Г.А. Шмелева, к.п.н., доц.
(ИГЭУ, г.Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЁТ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ «PROTO»

При исследовании электрических цепей, а также при решении задач, связанных с расчётом основных показателей электрических цепей (нахождение общего электрического сопротивления цепи, вольтамперная характеристика цепи и её отдельных элементов, определение направления токов в ветвях цепи и т.п.) теоретические методы оказываются громоздкими, в особенности, если необходимо работать со сложными электрическими цепями. Решением данной проблемы может служить метод имитационного моделирования, основанный на моделировании электрической цепи на компьютере при помощи мобильного приложения "Proto".

В данной работе применение метода моделирования основано на построении виртуальной установки, в которой наглядно показано движение токов во всех частях цепи. Сила тока или напряжение на отдельных участках цепи показываются встроенными идеальными измерительными приборами.

Метод моделирования применен при решении некоторых актуальных для курса общей физики задач:

доказательство эквивалентности схем «Треугольник» и «Звезда», расчёт общего сопротивления моста Уитстона,

определение движения токов в диодном мостовом выпрямителе,

расчёт общего сопротивления схемы из N соединённых резисторов одинакового сопротивления,

определение зависимости выходного напряжения однофазного трансформатора переменного тока от его характеристик.

Приложение "Proto" разработано для мобильных устройств с ОС "Android" или "iOS", что делает программное обеспечение наиболее доступным. Наличие разнообразных элементов электрических цепей и возможность их настройки, наглядная демонстрация движения токов в электрической цепи позволяет проводить эксперименты с электрическими цепями при отсутствии необходимого лабораторного оборудования.

*М.С. Фадеева, асс.; А.И. Тихонов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОВОГО И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЕЙ

В настоящее время с помощью цифровой техники удалось осуществить реализацию большого количества математических моделей физических процессов. Имитационная модель как частный случай математической модели представляет процесс с определенной точностью [1].

Изоморфизм в математическом моделировании позволяет описать различные по своей природе явления одними и теми же по форме уравнениями. Теория подобия основана на изоморфизме уравнений физических процессов. Из нее следует, что если два явления описываются изоморфными уравнениями, то при определенных условиях они могут быть подобными друг другу. Между ними может быть установлено взаимно однозначное соответствие, позволяющее распространять выводы, полученные при изучении одного явления на другое. Данное положение лежит в основе теории моделирования.

Работа является продолжением исследования [2] однородных стационарных физических полей. Имитационная модель использует метод конечных разностей и метод конечных элементов. Программа, разработанная в пакете MATLAB, реализует расчет неоднородных стационарных физических полей (рис.1.).

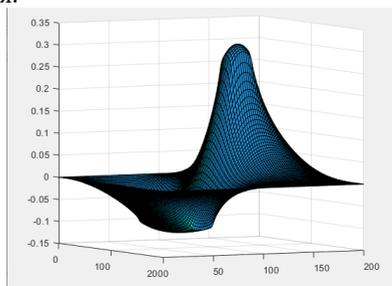


Рис. 1. 3D-картина поля

При решении систем уравнений используется итерационный алгоритм, который создает эффект растекания некоторой непрерывной среды от источников поля — имитация явления, получившего названия гидроэлектрической аналогии (в случае моделирования электрического поля). В данной работе для создания имитационных моделей используется гидроэлектрическая аналогия.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 57412-2017. Компьютерные модели в процессах разработки, производства и эксплуатации изделий. Общие положения. Введ. 2017-07-01 – М.: Стандартинформ, 2017.
2. Тихонов, А.И. Моделирование стационарных физических полей в MATLAB: метод. указ. / А.И. Тихонов, Г.А. Шмелева, М.С. Фадеева; ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2020. – 28 с.

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

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСОВ ГИДРОКСИФЕНИЛПОРФИРИНОВ

Порфирины представляют собой класс органических соединений, привлекающих значительное внимание благодаря своим уникальным химическим и физическим свойствам, которые делают их пригодными для широкого спектра применений, включая катализ, сенсоры и преобразование энергии. Электрополимеризация является потенциально перспективным методом для формирования полипорфириновых пленок, обладающих каталитическими свойствами [1,2]. В этом процессе растворитель оказывает большое влияние на характеристики получаемых пленок [3], что может привести к повышению эффективности в таких областях применения, как электроника и электрокатализ.

Плѐнки на основе металлокомплексов гидроксифенилпорфиринов были получены методом электрохимического осаждения, инициированного супероксид анион радикалом. В качестве среды для формирования пленок были протестированы диметилсульфоксид (ДМСО) и диметилформамид (ДМФА). Известно, что эти растворители обладают свойствами, которые могут существенно влиять на процесс электрополимеризации и свойства получаемого полимера. Следует отметить, что растворимость исследуемых $\text{FeClT}(4\text{-OHPh})\text{P}$ и $\text{MnAcT}(4\text{-OHPh})\text{P}$ в ДМФА выше, чем в ДМСО.

Как показали наши исследования, природа растворителя оказывает влияние на положение и интенсивность окислительно-восстановительного пика и качество получаемой пленки. В частности в ДМФА плотности тока электрохимических процессов выше, чем в ДМСО, при этом полученные плѐнки из растворов ДМФА очень тонки в связи с подвижностью ионной компоненты.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 22-23-00868.

Библиографический список

1. **Kuzmin S.M.**, Filimonova Y.A., Chulovskaya S.A., Parfenyuk V.I. Mater. Chem. Phys. 2022. Vol. 275. P. 125214.
2. **Филимонова Ю.А.**, Холодков И.В., Чуловская С.А., Кузьмин С.М., Парфенюк В.И. Гальванотехника и обработка поверхности. 2019. Т. 27, № 4. С. 12-18.
3. **Kuzmin S.M.**, Chulovskaya S.A., Tesakova, M.V., Semeikin A.S., Parfenyuk V.I. J. Porphyrins Phthalocyanines. 2017. P. 1–13.

*Д.О. Шошорин, студ., рук. М.С. Фадеева, асс.
(ИГЭУ, г.Иваново)*

КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

Визуализация учебной информации известна давно, но традиционно рассматривается как вспомогательное средство при анализе данных. На современном этапе можно говорить о ее самостоятельной роли в процессе обучения. Задачи квантовой механики трудны для наглядного представления и применение визуализации наиболее эффективно. Традиционные средства обучения целесообразно дополнить персональным компьютером (ПК).

Анализ опыта преподавания показывает, что современный уровень обучения тесно связан с компьютерным моделированием физических явлений. Визуализация решений задач квантовой механики возможна в разработанном компьютерном практикуме. Он состоит из традиционных задач таких, как моделирование волновых функций одномерного квантового гармонического осциллятора, расчет одномерной и двумерной потенциальных ям и др. В предлагаемой работе проведено компьютерное моделирование с численным расчетом в пакете MATLAB методом конечных разностей. Программы позволяют строить наглядные модели задач. Один из примеров сравнения аналитического решения волновой функции и численного расчета приведен на рис.1.

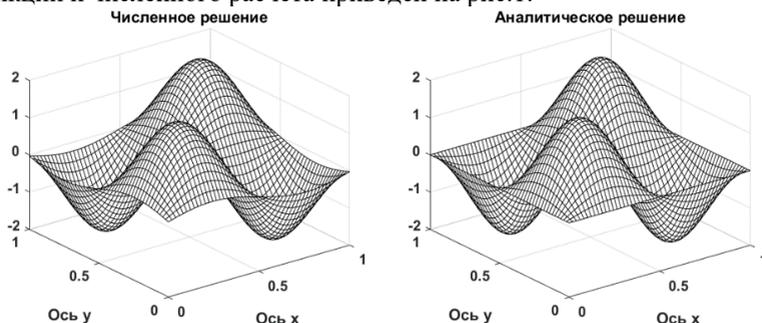


Рис.1. Волновая функция состояния $n_1 = 2$, $n_2 = 2$ двумерной бесконечной ямы

С помощью пакета MATLAB создан удобный интерфейс для решения физических задач. На примере квантовой механики показана возможность использования ПК для анализа физического содержания предлагаемых задач. Компьютерный практикум позволяет внедрить принципы компьютерного обучения в изучение физики, требует от студента более глубокого проникновения в суть изучаемой проблемы, способствует закреплению физического материала.

Содержание

Секция 9. Атомные электрические станции	3
Фефилов А.Д. Исследование целесообразности применения ПГВ1000МКО; рук. Мечтаева М.Н	4
Фефилов А.Д. Гидравлический расчет трубопроводов трактаосновного конденсата АЭС; рук. Мечтаева М.Н.	5
Максимов Е.К. Разработка тестовой программы для ТС паропроводов собственных нужд ПТУ К-1000-60/3000; рук. Булавкин Г.В.	6
Максимов Е.К. Разработка тестовой программы для ТС паропроводов свежего пара ПТУ К-1000-60/3000; рук. Булавкин Г.В	7
Максимов Е.К. Разработка тестовой программы для ТС деаэрационной установки ПТУ К-1000-60/3000; рук. Булавкин Г.В.	8
Сивохин Н.Ю. Исследование технологической системы деаэрационной установки ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Булавкин Г.В.	9
Сивохин Н.Ю. Исследование технологической системы деаэрационной установки ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Булавкин Г.В.	10
Сивохин Н.Ю. Исследование технологической системы турбопитательного насоса ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Булавкин Г.В.	11
Ляпин Д.С. Исследование технологической системы охлаждения генератора циркуляционной энергоблока ВВЭР-1000 для разработки тестовой программы; рук. Степанов В.Ф.	12
Ляпин Д.С. Исследование технологической системы охлаждения обмотки статора генератора энергоблока ВВЭР-1000 для разработки тестовой программы; рук. Степанов В.Ф.	13
Ляпин Д.С. Исследование технологической системы химочищенной обессоленной воды энергоблока ВВЭР-1000 для разработки тестовой программы; рук. Степанов В.Ф.	14
Ляпин Д.С. Исследование технологической системы технической воды на спецкорпус и химводоочистку энергоблока ВВЭР-1000 для разработки тестовой программы; рук. Степанов В.Ф.	15
Бельшев А.А. Исследование технологической системы вспомогательной ПВ ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Степанов В.Ф.	16
Бельшев А.А. Исследование технологической системы технического водоснабжения ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Степанов В.Ф.	17
Бельшев А.А. Исследование технологической системы аварийной подпитки ПГ ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Степанов В.Ф.	18
Полусаев П.И. Разработка тестовой программы для ТС основного конденсата ПТУ К-1000-60/3000; рук. Степанов В.Ф.	19
Полусаев П.И. Разработка тестовой программы для ТС регенерации высокого давления ПТУ К-1000-60/3000; рук. Степанов В.Ф	20
Полусаев П.И. Разработка тестовой программы для те регенерации низкого давления ПТУ К-100060/3000; рук. Степанов В.Ф.	21
Трофимов Д.А. Разработка тестовой программы для ТС вакуумной системы; рук. Степанов В.Ф.	22
Трофимов Д.А. Разработка тестовой программы для ТС сепарации и промежуточного перегрева; рук. Степанов В.Ф.	23
Трофимов Д.А. Разработка тестовой программы для ТС циркуляционного водоснабжения; рук. Степанов В.Ф.	24
Отрода А.В. Замена масла Futquel для эффективной работы АЭС; рук. Пронин В.Ю.	25
Скворцов А.Д. Разработка тестовой программы для технологической системы дренажного бака ПТУ К-1000-60/3000; рук. Булавкин Г.В.	26
Скворцов А.Д. Разработка тестовой программы для технологической системы дренажей машзала и БНС ПТУ К-1000-60/3000; рук. Булавкин Г.В.	27
Скворцов А.Д. Разработка тестовой программы для технологической системы теплофикационной установки ПТУ К-1000-60/3000; рук. Булавкин Г.В.	28
Сабурина Т.С., Заузолкова Н.О., Самойлов А.М. Экспериментальные исследования гидравлических характеристик разнородных засыпных материалов; рук. Андреев В.В.	29
Потапов Е.И., Сумка Д.М. Повышение надёжности работы системы циркуляционного водоснабжения АЭС; рук. Лоншаков Н.А.	30
Рычihin Д.С., Фролов Н.В. Особенности систем безопасности АЭС с реакторами нового поколения; рук. Ильченко А.Г.	31
Фролов Н.В., Рычihin Д.С. Перспективы теплоснабжения от атомных источников тепла; рук. Ильченко А.Г.	32
Минеев П.А. Разработка автоматизированного расчета турбины с влажным паром; рук. Горбунов В.А	33
Минеев П.А. Аспекты динамического теплового расчета ПТУ АЭС на основе экспериментальных данных; рук. Андрианов С.Г.	34
Алексин Ю.А. Работа АЭС с реакторами ВВЭР на мощности - 110%; рук. Ильченко А.Г.	35
Алексин Ю.А. Аккумуляирование тепловой энергии на АЭС; рук. Ильченко А.Г.	36

Федорцов Р. А., Сапрыкина Е.Д. Перспективы развития АЭС с реакторами малой мощности; рук. Ильченко А. Г.	37
Харитонов Б.М. , Емельянов К.О. . Анализ эффективности работы эжекционной системы ЛАЭС-2 и оценка путей ее повышения; рук. Беляков А.А.	38
Харитонов Б.М. , Трифионов А.А. Модернизация системы подпитки и борного регулирования второго энергоблока Ленинградской АЭС-2; рук. Беляков А.А	39
Зубов Н.В., Филатов В.В. Анализ схемы сепарации пара с каскадным сливом дренажей ступеней промперегревателя; рук. Беляков А.А.	40
Зубов Н.В., Филатов В.В. Электроадерные установки трансмутации радиоактивных отходов; рук. Беляков А.А.	41
Куприянов Е.Д. Пассивные системы безопасности на блоках с реакторами ВВЭР-1200; рук. Ильченко А.Г.	42
Теплякова С.С. Анализ факторов гидравлических потерь, влияющих на эффективность работы системы регенеративного подогрева воды; рук. Горбунов В.А.	43
Котков В.И. Способы повышения уровня безопасности активных зон АЭС; рук. Вольман М.А.	44
Егорова И.С. Формирование культуры безопасности будущих работников атомной отрасли; рук. Вольман М.А.	45
Павлова Е.Е., Проворков И.С., Соколов А.А. Замкнутый ядерный топливный цикл; рук. Вольман М.А.	46
Воронин Я.В. Маневренный энергоблок ВВЭР с аккумуляторами тепла; рук. Токов А.Ю.	47
Теплякова С.С. Анализ коэффициентов, определяющих эффективность работы системы регенеративного подогрева воды; рук. Горбунов В.А.	48
Зубов Н.В. Анализ перспективных массовых радиопроекторов; рук. Токов А.Ю	49
Бакин А.И. Модернизация вакуумной системы турбоагрегатов АЭС производства ХГТЗ за счет замены пароструйных эжекторов на водокольцевые на водокольцевые вакуумные насосы; рук. Работает В.Г.	50
Степаньчев Д.В. Расчет стоимости производства водорода на Кольской АЭС с электролизной установкой мощностью 10 МВт; рук. Андриянов С.Г.	51
Секция 10. Теплообмен в промышленных установках	52
Алексеев А.Н. Теплота газификации твердого углеродистого остатка; рук. Горин О.И.	53
Белов М.С., Бородин А.Н., Тимонин Н.С. Экспериментальное исследование процесса сушки овощей; рук. Колибаба О.Б.	54
Бородин А.Н., Белов М.С., Тимонин Н.С. Экспериментальное исследование процесса сушки древесины; рук. Колибаба О.Б.	55
Васильев И.А. Исследование термических процессов при нагреве золоуловителей ТЭС; рук. Гусев Е.В.	56
Иванов Е.А., Попов Д.Н., Анкушин В.С. Расчет температурного поля с учетом движения газов в слое отходов; рук. Габитов Р.Н.	57
Соловьев А.А. Системы маслоснабжения машинного зала АЭС; рук. Колибаба О.Б.	58
Дашенко Г.В., Жохов В.Л., Емельин М.А. Анализ работы теплообменного аппарата КВОУ ГТУ	59
Жучков А.О., Фебенчуков Е.Г. Метод расчета теплопередачи в рекуперативных радиационных трубах; рук. Горин О.И.	60
Лапшова В.М., Владимиров Н.С., Горохова Н.И. Комплексное проектирование теплоснабжения коттеджа для обеспечения эффективного отопления; рук. Колибаба О.Б.	61
Морозов В.М. Утилизация вторичных энергетических ресурсов на компрессорных станциях магистральных газопроводов; рук. Нагорная О.Ю.	62
Байбасарова А.Р., Кульбедин Д.С., Марчук Е.В. К вопросу использования теплоизоляционных красок; рук. Степанова О.А.	63
Чижикова М.М. Повышение эффективности пиролизной переработки твердых коммунальных отходов; рук. Колибаба О.Б.	64
Умаров К.А. Технично-экономическое обоснование замены подогревателя высокого давления на энергоблоке атомной электростанции; рук. Долинин Д.А.	65
Умаров К.А. Модернизация концевых уплотнений цилиндра низкого давления паровой турбинной установки; рук. Долинин Д.А.	66
Смирнова Ю.Д. Исследование теплообмена при сушке золокерамических изделий; рук. Гусев Е.В.	67
Иванов Е.А. Модернизация тепловой изоляции трубопроводов сетевой воды Калининской АЭС; рук. Габитов Р.Н.	68
Шавадзе С.Э. Моделирование теплообмена в процессе переработки твердых коммунальных отходов; рук. Колибаба О.Б.	69
Секция 11. Безопасность жизнедеятельности в техносфере	70
Оганесова С. Информационная система учёта расследования происшествий, несчастных случаев, аварий; рук. Рогожников Ю.Ю.	71
Красавина М.А., Кирдяшкина А.Е. Информационная система учёта специальной оценки условий труда; рук. Рогожников Ю.Ю.	72
Вьюшина Л.С. Информационно-компьютерная модель идентификации техногенных воздействий, создаваемых токарновинторезным станком; рук. Чернов К.В.	73

Косякова В.А. Информационно-компьютерная модель идентификации техногенных воздействий, создаваемых горизонтально-фрезерным станком; рук. Чернов К.В.	74
Забродин С.Ю. Оценка профессионального риска преподавателя кафедры высоковольтной электрофизики и электротехники ИГЭУ; рук. Горбунов А.Г.	75
Кирдяшкينا А.Е. Организация учета микроtraв на предприятии; рук. Пышненко Е.А.	76
Красавина М.А. Факторы риска при выполнении работ на высоте в филиале ПАО «Россети Центр и Приволжье» - «Ивэнерго», г Иваново; рук. Пышненко Е.А.	77
Комарова Н.В. Оценка профессионального риска сварщика; рук. Горбунов А.Г.	78
Иванова А.В. Центр охраны труда; рук. Рогожников Ю.Ю.	79
Косякова В.А., Вьюшина Л.С., Комарова Н.В. Информационная система учёта медицинских осмотров; рук. Рогожников Ю.Ю.	80
Ишанкулиева С. Комплексная система дистанционного обучения специалистов-энергетиков; рук. Рогожников Ю.Ю.	81
Позднякова А.А., Колобова Т.С. Информационная система учёта спецодежды, средств индивидуальной защиты, смывающих и обезвреживающих средств; рук. Рогожников Ю.Ю.	82
Киселев Н.А. Идентификация техногенных воздействий, сопровождающих эксплуатацию котла КВ-Г-7,56-95Н; рук. Чернов К.В.	83
Мухаметов Е.А. Идентификация техногенных воздействий, сопровождающих эксплуатацию газовой сети в котельной; рук. Чернов К.В.	84
Корунова А.А. Анализ динамики смертельных случаев на объектах энергетики; рук. Овсянников Ю.М.	85
Корунова А.А. О влиянии удельной скорости биохимического окисления на продолжительность аэрации в аэротенке; рук. Соколов А.К.	86
Усаускайте А.В. Анализ воздействия светодиодных ламп на зрительную систему человека; рук. Овсянников Ю.М.	87
Костюк О.С. Изменения в порядке обучения по охране труда в связи с приказом Минтруда №2464; рук. Пышненко Е.А.	88
Воронцов Н.И. Алгоритм оценки профессионального риска в рамках системы управления охраной труда на предприятии; рук. Пышненко Е.А.	89
Секция 12. Моделирование физических процессов	90
Васильев М.А. Разработка математической модели барабана котлаутилизатора; рук. Никоноров А.Н.	91
Вихрева А.А. Изучение особенностей движения тел сферической формы в вязкой жидкости; рук. Костюк В.Х.	92
Гамарц Д.Е., Яблоков Н.О., Тесаловский Р.В. Исследование живых организмов и их составляющих при помощи кирлиановской установки; рук. Тихонов А.И.	93
Гордеев С.О. Виртуальный лабораторный практикум для системы дистанционного образования; рук. Прохорова Н.В.	94
Громов К.А. Расчет разных видов дифракции в лабораторном практикуме по оптике; рук. Шмелева Г.А.	95
Елисеев В.В. Моделирование физических процессов в поплавковом регуляторе уровня воды; рук. Демьянцева Н.Г.	96
Зокиров А.Р. Особенности влияния озонового слоя на окружающую среду; рук. Шипко М.Н.	97
Иванов Н.А. Расчетное моделирование процесса фильтрации в аппарате циклонного типа с помощью методов вычислительной гидродинамики; рук. Сатаев А.А.	98
Кашина В.В. Электрохромные свойства поли-5,10,15,20-тетракис (4-гидроксифенил) порфирина; рук. Кузьмин С.М.	99
Милюков М.А. Автоматизация выбора модели пульпозного ядра межпозвонкового диска по внутрисдисковому давлению; рук. Демьянцева Н.Г., Игошин И.П.	100
Пластинин М.С., Фримпонг Икеа Квабеа Влияние поправок Ладенбурга на расчет вязкости глицерина методом Стокса; рук. Фадеева М.С.	101
Розин В.Е. Разработка модели для уточнения расчета индуктивности рассеяния трансформатора; рук. Тихонов А.И.	102
Степаньчев Д.В. Выбор моделей проницаемости пульпозного ядра межпозвонкового диска по ИК-спектрам образцов ткани; рук. Игошин И.П.	103
Тихомиров Д.М. Параметрическая генерация моделей тепловых цепей обмоток трансформатора; рук. Тихонов А.И.	104
Фадеев Д.Н. Исследование и расчёт сложных электрических схем с применением «PROTO»; рук. Шмелева Г.А.	105
Фадеева М.С. Имитационная модель теплового и электрического полей; рук. Тихонов А.И.	106
Филимонова Ю.А. Влияние растворителя на электрохимическое формирование пленок на основе металлокомплексов гидроксифенилпорфиринов. рук. Кузьмин С.М., Парфенюк В.И.	107
Шошорин Д.О. Компьютерная визуализация задач квантовой механики; рук. Фадеева М.С.	108
Содержание	109

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ

Восемнадцатая всероссийская (десятая международная)
научно-техническая
конференция студентов, аспирантов и молодых учёных
«ЭНЕРГИЯ-2023»

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Печатается в авторской редакции

Составитель – Вольман М.А.

Подписано в печать __.__.2023. 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.