

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-2022»

СЕМНАДЦАТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ
(ДЕВЯТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ)
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ

г. Иваново, 11-13 мая 2022 года

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ТОМ 2

ИВАНОВО

ИГЭУ

2022

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

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ // Семнадцатая всероссийская (девятая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2022»: Материалы конференции. В 6 т. Т. 2. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2022. – 108 с.

ISBN 978-5-00062-528-6
978-5-00062-525-5 (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.**

*П.М. Нестеров, асп.; рук. О.М. Митрохова, к.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ», г. Москва)*

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЛОКА КЛАПАНОВ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ПАРОВЫХ ТУРБИН АЭС

В условия массового старения энергооборудования одними из актуальных направлений развития современной теплоэнергетики является повышение эффективности существующих и создание новых энергоблоков для электростанций для ТЭС и АЭС.

Весомый вклад в обеспечение надежной и эффективной работы паровых турбин вносят органы парораспределения, которые используются непосредственно на паротурбинных энергоблоках [1].

Как показывают оценки, например, только снижение потерь давления на блоке клапанов низкого давления турбины К-1200-6,8/25 ЛМЗ для АЭС от 0,05% до 0,15% за счет аэродинамического совершенствования элементов его конструкции эквивалентно повышению мощности турбины на 0,3...0,9 МВт за счет увеличения использованного теплоперепада турбины.

Применение математического 3D моделирования позволяет провести многочисленные исследования для выбора оптимальной конструкции разрабатываемого или уже существующего узла, тем самым минимизировать количество опытов на экспериментальном стенде.

В данной работе на первом этапе на базе математического моделирования проводится модернизация блока клапанов низкого давления с поворотными заслонками, используемого для турбины типа К-1200-6,8/25 ЛМЗ.

На рисунке 1 представлена качественная расчетная сетка с учетом пограничного слоя на элементах блока клапанов.

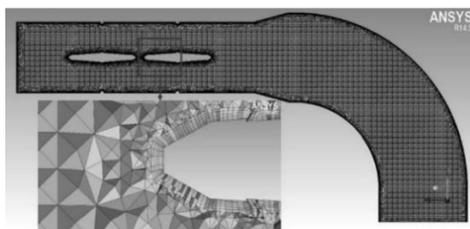


Рисунок 1 – Расчетная сетка блока клапанов низкого давления для математического 3D моделирования

Библиографический список

1. Зарянкин А.Е., Симонов Б.П. Регулирующие и стопорно-регулирующие клапаны паровых турбин. – М.: Изд-во МЭИ, 2005.

М.Е. Попов, Д.В. Абросимов, А. Наврузов, студ.;
рук. Горбунов В.А, д.т.н., проф. (ИГЭУ, г. Иваново)

**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОТЫ
 ПРОФИЛЯ И ЧИСЛА ВИТКОВ СПИРАЛЕВИДНОГО РЕБРА
 НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛООБМЕННИКА ТИПА
 «ТРУБА В ТРУБЕ»**

Аналитическое моделирование сложных физических процессов может быть весьма затруднительно или вовсе нереализуемо. Численные методы компьютерного моделирования, САЕ-пакеты, позволяют выполнять научно-исследовательские работы при значительном снижении затрат и рисков, связанных с натурными испытаниями.

Одним из лидеров САЕ-систем является комплекс ANSYS, с помощью которого мы смоделировали работу противоточного ТО типа “труба в трубе”, состоящего из двух труб длиной $L=1400$ мм, диаметрами $D1_{\text{внеш.}}=304$ мм (оробренная: $H_p=50,74,100$ мм; $b_p=5$ мм), $D2_{\text{внеш.}}=604$ мм расположенных одна в другой; по внутренней трубе течет холодная вода ($T_{\text{вх}}=333$ К), в кольцевом зазоре между трубами – горячая вода ($T_{\text{вх}}=550$ К). Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Сравнение различных конфигураций ребра проводилось с помощью критерия расхода материала (k_M), который представляет собой удельную массу материала на единицу эффективности технического объекта. По итогам расчетов наименьший коэффициент k_M (что означает наименьшие затраты материала на единицу мощности) имеет ТО с высотой ребер 74 мм и двумя витками спиралевидного ребра.

Таблица 1 - Результаты расчетов

Высота ребер, мм	Кол-во витков	$T_{\text{вых}}^{\text{хол}}, \text{ К}$	$\Delta T_{\text{хол}}, \text{ К}$	Q, кВт	$m_{\text{ТО}}, \text{ кг}$	$k_M \cdot 10^3, \text{ кг/Вт}$
0	0	336,8	3,80	11,01	21,62	1,964
50	1	340,7	7,70	16,08	22,37	1,391
	2	342,8	9,80	16,78	23,14	1,319
	3	343,1	10,10	17,42	23,89	1,331
74	1	340,7	7,670	17,54	22,81	1,360
	2	343,0	9,993	18,65	24,01	1,288
	3	343,0	10,31	19,44	25,20	1,319
100	1	341,0	7,993	17,94	23,34	1,340
	2	343,6	10,57	19,11	25,07	1,290
	3	344,5	11,54	20,22	26,78	1,325

Библиографический список

1. Нагорная О.Ю. Инженерный анализ теплового оборудования: Учебно-методическое пособие. – Иваново, 2014 – 120 с.

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ В ТРУБОПРОВОДАХ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА И ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ В ПРОГРАММЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СЕТЕЙ

В трубопроводах кроме потерь давления на трение имеют место потери, вызванные фасонными частями, арматурой, другим оборудованием трубопроводных сетей. Такие потери называются местными. Для определения местных сопротивлений используются справочники, составленные на основе экспериментальных данных.

Такие справочники содержат рекомендации по выбору коэффициентов местных сопротивлений для трубопроводов диаметром не более 300 мм.

На мощных электростанциях в некоторых технологических системах используются трубопроводы диаметром 500 мм и более. Применение имеющихся рекомендаций при расчете таких трубопроводов приводит к существенному расхождению расчётной величины потерь по сравнению с фактической. Поэтому использование таких справочных данных невозможно. В связи с этим возникает проблема определения коэффициентов местных сопротивлений в трубопроводах больших диаметров.

Определение коэффициентов местных сопротивлений в зависимости от параметров перемещаемой среды и геометрии объекта возможно с помощью использования специальных компьютерных пакетов, в которых создаются трехмерные модели гидравлических участков и производятся вычисления параметров потока в них. Исходя из полученных значений определяется зависимость коэффициента местных сопротивлений от заданных параметров, которую можно использовать при гидравлическом расчете трубопроводов.

Преобразование полученных зависимостей в полином позволит использовать их в программах по расчету гидравлических потерь трубопроводных систем большого диаметра. При этом программа автоматически будет рассчитывать величину местных сопротивлений в зависимости от расходов, давлений и прочих параметров жидкости.

По итогам расчета программа будет выдавать изменение гидравлической характеристики сети во времени.

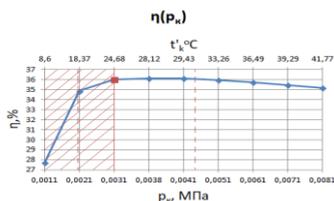
Библиографический список

1. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/Под ред. М.О. Штейнберга.—3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1992.—672 с.

О.А. Бочарова, А.Д. Мигалова, А.А. Соловьев, студ.; рук. А.Ю. Токов, к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ТРУБОК В КОНДЕНСАТОРЕ ТУРБОУСТАНОВКИ К-1200-6,8/50

Повышение коэффициента теплоотдачи в конденсаторе за счет оребрения трубок ПТО изнутри [1] позволяет либо углубить вакуум и повысить КПД турбоустановки при неизменных габаритах конденсатора, либо уменьшить площадь ПТО и снизить габариты, металлоемкость и стоимость новых проектов энергоблоков АЭС. Кольцевые турбулизаторы создаются путем обкатки трубок роликами во время их изготовления, что почти не влияет на стоимость труб.



Достижимый вакуум в конденсаторе, помимо коэффициента теплопередачи, зависит от кратности охлаждения и температуры охлаждающей воды на входе. Серия расчетов тепловой схемы на ряд конечных давлений при постоянном расходе охлаждающей воды выявила ограничения, отмеченные вертикальными линиями (см. рис.) - при $t_{ov}=5, 10$ и 20°C конечное давление невозможно уменьшить ниже чем до 0,0021, 0,0031 и 0,0044 МПа. Это дает несущественный выигрыш в КПД, а с учетом роста затрат мощности на прокачку (падение напора по водяному тракту увеличивается с 66 до 244 кПа) получается итоговый проигрыш в отпускаемой электрической мощности "нетто". Это говорит о нецелесообразности модернизации конденсационных установок существующих АЭС.

Проведенный конструкторский расчет конденсатора КП-9500-1 показал, что коэффициенты теплоотдачи по воде и теплопередачи при применении профилированных трубок увеличиваются до 20744 и 7950 Вт/(м²К) соответственно (против значений 7950 и 3620 Вт/(м²К) при использовании гладких труб). При этом длина трубок уменьшается с 17,23 до 12,13 м. Это позволяет уменьшить габариты конденсатора практически на 5 м, сделать компоновку машинного зала более свободной и заметно снизить металлоемкость и стоимость новых проектов энергоблоков АЭС с реакторами ВВЭР-1200.

Проведенный конструкторский расчет конденсатора КП-9500-1 показал, что коэффициенты теплоотдачи по воде и теплопередачи при применении профилированных трубок увеличиваются до 20744 и 7950 Вт/(м²К) соответственно (против значений 7950 и 3620 Вт/(м²К) при использовании гладких труб). При этом длина трубок уменьшается с 17,23 до 12,13 м. Это позволяет уменьшить габариты конденсатора практически на 5 м, сделать компоновку машинного зала более свободной и заметно снизить металлоемкость и стоимость новых проектов энергоблоков АЭС с реакторами ВВЭР-1200.

Библиографический список

1. Сафонов, Л.П. Внедрение профильных и витых труб в теплообменные аппараты паровых турбин [Текст] / Л.П. Сафонов, В.А. Пермяков, Ф.З. Ратнер др. // Энергомашиностроение, 1987. – №7. – с. 44-47.

*М.В. Гамагин, студ.; рук. В.Ф. Степанов
(ИГЭУ, г. Иваново)*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ ТРУБ ПАРОГЕНЕРАТОРОВ АЭС

Трубы поверхности теплообмена парогенератора являются важной частью границы первого контура и для того, чтобы исполнять функции эффективного барьера, должны быть свободными от трещин, коррозий и утонений. Последствия отказов теплообменных труб могут быть значительно уменьшены путем выполнения своевременных операций неразрушающего контроля с глушением поврежденных труб.

Наиболее эффективным методом оценки состояния теплообменных труб ПГ на данный момент является вихретоковый метод контроля (ВТК). Метод позволяет выявить не только сквозные дефекты, но и дефекты различной глубины и размеров, что даёт возможность глушить трубы с дефектами, которые еще не пропускают теплоноситель из первого контура во второй, но могут развиваться до сквозных.

На российских АЭС данный метод контроля металла трубок ПГ применяется уже более 20 лет, но, несмотря на такой длительный срок, остаются проблемы с достоверностью получаемых результатов ВТК, связанной с субъективностью соответствующих экспертных решений.

Не менее сложной задачей также является вынесение заключения о том, какие именно трубки из частично-поврежденных являются все еще пригодными, а какие требуется заменить или вывести из эксплуатации.

Количество и разнообразие обнаруженных дефектов разного размера по длине и глубине подтверждает необходимость использования при анализе работоспособности труб вероятностных методов.

Вероятностный подход заключается в оценке допустимой периодичности ВТК металла труб на основе применения вероятностных методов механики разрушения.

Периодичность ВТК зависит от коррозионного состояния ПГ, поэтому предлагается классификация ПГ на 4 группы по дефектности трубок, принадлежность к которым определяет объём контроля.

Библиографический список

1. Давиденко С.Е., Трунов Н.Б., Григорьев В.А., Попадчук В.С., Брыков С.И. Работоспособность теплообменных труб и управление ресурсом ПГ АЭС с ВВЭР. 7-ой международный семинар по парогенераторам, ФГПУ ОКБ «ГИДРОПРЕСС», г. Подольск, 3-5 октября 2006.
2. Немытов Д.С. Влияние эксплуатационных и конструкционных факторов на ресурс теплообменных труб ПГ АЭС с ВВЭР-1000. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 2009.

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ПОСРЕДСТВОМ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Водородная энергетика - это совокупность технологий производства, транспортировки, аккумулирования и использования универсального вторичного энергоносителя – водорода. Водород используется в различных промышленных процессах. Для уменьшения вредного воздействия на окружающую среду в связи с производством 70 млн тонн водорода в год, ряд стран обращаются к ядерной энергетике.^[1] К примеру, перевод 4% текущего производства водорода на электроэнергию, вырабатываемую АЭС, позволит уменьшить выбросы углекислого газа на 60 млн тонн в год.^[1] Если же весь водород производить с помощью ядерной энергии, то выбросы сократятся примерно на 500 млн тонн в год.^[2]

В настоящее время некоторые страны внедряют производство водорода с использованием АЭС или изучают такую возможность в целях содействия декарбонизации своего энергетического, промышленного и транспортного секторов. Это позволяет также увеличить отдачу от АЭС, что может способствовать повышению ее рентабельности.

Россия также запустила программу по производству водорода с помощью ядерной энергии, реализуемую Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом». Программа предусматривает использование электролиза на основе вырабатываемой электроэнергии АЭС, а также термохимическое производство с использованием высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов. Ее цель состоит в том, чтобы обеспечивать производство большого количества водорода каждый год и при этом уходить от таких углеродоемких методов, как паровая конверсия метана.

Таким образом, производство водорода с помощью ядерной энергии дает возможность существенно сократить выбросы углерода и одновременно повысить рентабельность ядерной энергетике. Анализ этих возможностей и является целью данной работы.

Библиографический список

1. Больше чем просто источник [Электронный ресурс] – 2021г. - www.iaea.org.
2. Радченко Р. В. Водород в энергетике: учебное пособие — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. — 229 с.

*И.О. Ефремов, студ.; рук. Н.Г. Иванова, к.х.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ЦИКЛИЧНОСТЬ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА НА АЭС

Экологическая и радиационная безопасность крайне важна в жизни любого сообщества, поэтому проблемы данного характера находятся в центре внимания человечества.

Цель данной работы – обозначить проблему переработки и хранения радиоактивных отходов, а также снижение расходов природного ядерного топлива.

Данная проблема является актуальной, так как на хранение ОЯТ (ОЯТ – Отработанного Ядерного Топлива) расходуются огромные средства, мощности и площади. Остро стоит вопрос о снижении расходов и размеров территорий используемых для хранения радиоактивных отходов, а также уменьшения расхода природного ЯТ (Ядерного Топлива).

Поводом для изучения данного вопроса послужила подготовка к выбранной специальности («Атомные электрические станции»), мировой интерес к переработке и цикличности ЯТ, а также ограниченность запасов природного ЯТ.

Для исследования была использована информация с интернет-ресурсов о добыче, использовании, переработки и захоронения ЯТ, а также дополнительные источники информации.

По результатам работы сделаны выводы о необходимости дальнейшего изучения данной проблемы для принятия адекватных мер, правильных решений по снижению или полному устранению вредных воздействий, снижению рисков, снижению расходов, уменьшению площадей хранения радиоактивных отходов, а также сокращению использования природного ЯТ.

Библиографический список

1. Википедия – электронная энциклопедия: [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki>
2. Официальный сайт концерна РОСАТОМ: [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosatom.ru/>
3. Сайт Международного агентства по атомной энергетике: [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.iaea.org/ru>

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

ПАССИВНАЯ СИСТЕМА АВАРИЙНОГО РАСХОЛАЖИВАНИЯ ВВЭР-ТОИ

Система пассивного отвода тепла через парогенераторы (СПОТ) является техническим средством преодоления запроектных аварий. Она предназначена для длительного отвода остаточного тепла активной зоны конечному поглотителю через второй контур при запроектных авариях.

Система состоит из 4 полностью независимых один от другого каналов производительностью 4х33,3% и рассчитана на функционирование при следующих запроектных авариях:

1. отвод остаточных тепловыделений и расхолаживание реакторной установки в режимах полного обесточивания АЭС и в режимах с полной потерей питательной воды;
2. обеспечение резерва активным системам безопасности в случае их отказа.

В работе были рассмотрены три варианта СПОТ.

1. Схема с воздушным теплообменником (ВТО) – штатная схема.

Пар из ПГ в процессе аварийного расхолаживания поступает в раздающий коллектор ТВО, затем движется сверху вниз внутри теплообменных труб. При этом пар конденсируется, отдавая тепло воздуху. Охлаждающий воздух забирается из атмосферы вне здания оболочки.

2. Также две схемы с баками аварийного отвода тепла (БАОТ), заполненными водой.

В первом варианте пар из ПГ поступает непосредственно в БАОТ, где он конденсируется. Отвод тепла от парогенераторов осуществляется путем выпаривания воды, находящейся в БАОТ.

Во втором варианте принцип работы системы схож с предыдущим вариантом. Отличие заключается в том, что пар из ПГ поступает в теплообменник, расположенный в БАОТ, а его конденсат возвращается в ПГ. Выпариваемый из бака пар, при давлении несколько больше атмосферного, поступает в ВТО (аналогично штатной схеме). Он проходит через трубки теплообменника, охлаждается воздухом, затем конденсируется и возвращается обратно в БАОТ.

Проведенные расчеты работы систем в режиме расхолаживания подтвердили их работоспособность. Наиболее проста для реализации схема с выпарными БАОТ. При выкипани воды из бака ее убыль может легко быть компенсирована из внешнего источника.

А.А. Зубаков, Е.Д. Куприянов, студ.;
рук. А.Г. Ильченко, к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)
**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТА ЭНЕРГОБЛОКА
С ВВЭР-ТОИ**

ВВЭР-ТОИ - это типовый проект двухблочной, оптимизированной по технико-экономическим показателям АЭС поколения III+. Разработан на основе материалов проекта АЭС-2006. Изменения в проекте касаются улучшения эксплуатационных свойств (I) и повышения безопасности (II).

I группа.

1. Парогенераторы расположены симметрично параллельно, что улучшает ремонтпригодность;
2. Количество ОР СУЗ сокращено до 94; введены ПС СУЗ с уменьшенным числом ПЭЛ (16 вместо 18), совмещаемые с комбинированными датчиками внутриреакторного контроля, что позволило разместить большее количество топлива;
3. Диаметр корпуса увеличен ещё примерно на 40 см, что позволило улучшить нейтронную защиту корпуса реактора;
4. Срок службы незаменимого оборудования продлен до 60 лет;
5. Используются модернизированные парогенераторы большего объёма и производительности (на 1 м длиннее), с более эффективными устройствами продувки - увеличение КПД;
6. Используется новая тихоходная турбина АО Силовые машины и новая АСУ ТП, что позволило повысить КИУМ до 93 %.

II группа.

1. Системы и элементы АЭС спроектированы на максимальное расчётное землетрясение до 8 баллов по шкале MSK-64;
2. В проекте используются двойная гермооболочка;
3. Примерно на 20% увеличена мощность СПОТ;
4. К пассивным компонентам САОЗ добавлена ступень GE-3, предотвращающая залив АЗ в условиях полной потери источников переменного тока до 72 часов;
5. Применена система СБВБ, обеспечивающая массированный впрыск борной кислоты в первый контур, в том числе при обесточивании РУ;
6. Применены модернизированные ГЦНА с водяной смазкой главного подшипника вала и с негорючей смазкой мотора, приняты меры для сохранения уплотнения вала в аварийных ситуациях с длительной (до трёх суток) потерей охлаждения.

*А.О. Каретников, С.С. Клюев, студ.; рук. С.Г. Андрианов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, Иваново)*

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДОГРЕВА ВОДЫ В КОЛЬЦЕВОМ БАКЕ РЕАКТОРА ПЕРВОЙ ОЧЕРЕДИ КОЛЬСКОЙ АЭС

Задачей модернизации системы обогрева воды в кольцевом баке реактора ВВЭР-440 (В-230) было повышение ее безопасности, опираясь на принцип резервирования (избыточности).

Система состоит из 2 параллельно идущих каналов (рис.1.). Каждый канал включает в себя один центробежный электронасос, с подачей 12,5 м³/ч и напором 50 метров, консольного типа, и один электроподогреватель мощностью 90 кВт.

Для выполнения вероятностного анализа безопасности (ВАБ) системы было составлено дерево отказов (для одного канала) и получено 14 минимальных сечений (МС). Целью расчёта, при помощи программы ВАБ-0, являлось получение вероятности не функционирования канала системы (ВНФ канала системы). При шаге интегрирования от 0,5 ч. до 300 ч. вероятность не функционирования канала системы подогрева воды в кольцевом баке не превысила $1,85e^{-2}$.

После модернизации система состоит из трёх параллельных каналов (рис.2.). В ходе расчёта вероятность отказа системы состоящей из 2 каналов составила $3,36e^{-4}$. В свою же очередь, вероятность отказа модернизированной системы составила $6,2e^{-6}$.

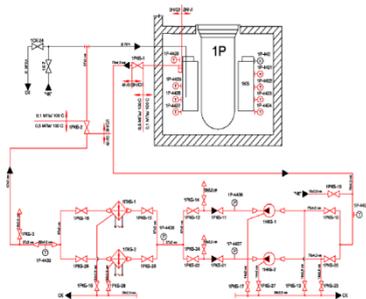


Рис.1. Технологическая схема системы обогрева воды в кольцевом баке реактора

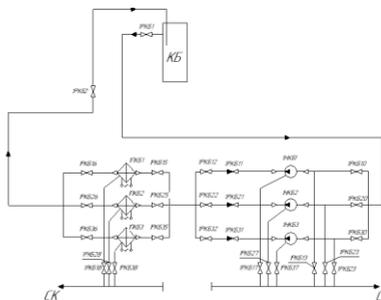


Рис.2. Модернизированная технологическая схема системы обогрева воды в кольцевом баке реактора

Библиографический список

1. Токов А.Ю. Вероятностный анализ безопасности атомных станций. Методика расчета показателей надежности систем безопасности АЭС (ВАБ - 0) на примере САОЗ

*П.В. Кириченко, Д.В. Абросимов, Ф.М. Лошкарёв студ;
рук. А.В. Горбунов, проф. (ИГЭУ, г. Иваново)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПОДОГРЕВА АЭС

При работе любого агрегата или системы высоко ценится экономичность и эффективность его работы, которые в ходе эксплуатации оборудования важно поддерживать на максимальном уровне.

Для целей повышения энергетической эффективности работы оборудования АЭС, данное оборудование изучается, исследуются его особенности и режимы эксплуатации, после чего проводится анализ возможностей экономии тепловой энергии или топлива. Такая экономия приводит либо к росту выработки электроэнергии, либо к сокращению удельных затрат на выработку при сохранении старого уровня выработки электроэнергии. Для анализа возможностей экономии затрат и с целью улучшения результатов работы АЭС, на основе данных фактической эксплуатации разрабатываются цифровые двойники исследуемого оборудования. Исследование цифровых двойников приводит к формированию рекомендаций по изменению варьируемых параметров оборудования с целью повышения эффективности его работы.

Работа по повышению эффективности оборудования системы регенеративного подогрева АЭС состоит из нескольких этапов. Первым этапом является оцифровка чертежей оборудования трубопроводов системы для более удобной работы с ними. Следующим этапом является построение трёхмерных моделей оборудования и трубопроводов, а также изучение свойств протекающих в трубопроводах сред в программах моделирования физических процессов. Далее производятся гидравлический и тепловой расчёт системы регенеративного подогрева. Исследуется возможность изменения эксплуатационных параметров системы и производится анализ влияния изменения данных параметров на эффективность работы оборудования.

Результатом проделанной работы являются рекомендации по проведению работ при следующем планово-предупредительном ремонте блока АЭС, по смене запорной арматуры на более эффективную, изменению обвязки трубопроводов основного оборудования и т.д.

Библиографический список

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

*В.Е. Крюков, М.А. Ушаков, студенты;
рук. А.Г. Ильченко, к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)*

ПЕРСПЕКТИВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ОТ АЭС

За последние десять лет отрасль электро- и теплоснабжения Российской Федерации, при значительном подъеме цены на тепловую и электрическую энергию, можно охарактеризовать понижением инвестиционных вложений. Теплоснабжение на базе комбинированного производства тепловой и электрической энергии подразумевается основой разумного использования энергоресурсов.

Традиционное решение теплофикации – теплоснабжение от ТЭЦ, расположенной вблизи потребителя. Преимущества АЭС перед ТЭЦ бесспорны. АЭС является чистым источником тепла, высокий коэффициент полезного использования тепла, потребление кислорода отсутствует, водопользование минимально.

При внедрении технологий дальней транспортировки тепловой энергии целесообразен комплексный подход к проектированию. В состав структуры теплоснабжения входят источники тепловой энергии (теплофикационные установки – ТФУ АЭС), пиковые источники, транзитные тепломагистраль, районные тепловые сети, потребители тепла. Поэтому при реализации дальнего теплоснабжения от АЭС должен быть выполнен сложный комплекс оптимизационных задач. Следует отметить, что ТВУ мощных современных энергоблоков с ВВЭР-1200, ВЭР-ТОИ имеют достаточно высокую теплопроизводительность (до 250 – 300 МВт) и позволяют осуществлять нагрев сетевой воды по трехступенчатой схеме до 170 °С. Это позволяет осуществлять теплоснабжение достаточно крупных городов. К преимуществам теплоснабжения от АЭС следует отнести значительную экономию органического топлива и высокую экологичность.

В настоящее время на большинстве российских АЭС осуществляются теплоснабжение от ТФУ пристанционных поселков, промплощадки и других объектов. Небольшая протяженность тепловых сетей дает определенные преимущества при организации теплоснабжения от АЭС. Весьма перспективным представляется размещение вблизи АЭС крупных потребителей тепла – парниково тепличных комбинатов (ПТК).

Расчеты при организации теплоснабжения ПТК площадью 12 га, проведенные применительно к условиям Калининской АЭС, показали, что экономический эффект по сравнению с отдельной схемой энергоснабжения с котельной составляет около 26 млн. руб/год. При оптимизации схемы отпуска тепла экономический эффект может быть еще выше.

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

НОВЫЕ ВИДЫ ТОПЛИВА ДЛЯ ЯДЕРНЫХ РЕКТОРОВ

Одним из путей повышения эксплуатационных характеристик реакторов ВВЭР является переход на новые виды топлива (керметное или интерметаллическое). тория Керметное топливо –гранулы из диоксида урана (объемная доля UO_2 до 70%), расположенные в металлической матрице (изготавливаемой обычно из сплава на основе циркония). Такое топливо характеризуется отсутствием прямых контактов между топливными частицами благодаря их равномерному распределению в металлической матрице. Это достигается использованием сферических топливных частиц, предварительно покрытых материалом матрицы, и их изостатического прессованием в сердечники.

Разработка твэлов на основе интерметаллов (например, сплав алюминия и UO_2) опирается на положительный опыт испытаний аналогичных твэлов в петлях исследовательского реактора «МИР». Отличительной особенностью вновь разрабатываемых твэлов является применение оболочек из циркониевых сплавов Э-110 и Э-635 и более радиационностойкого матричного алюминиевого сплава. Керметное и интерметаллическое топливо обладает больше плотностью и теплопроводностью по сравнению с UO_2 . Вследствие этого реакторы с керметным и итерметаллическим топливом будут обладать лучшими (по сравнению с традиционным окисным топливом) характеристиками безопасности и эффективности.

Реакторы на ториевом топливном цикле, подобно реакторам на быстрых нейтронах, также вырабатывают вторичное ядерное топливо ($U-233$). В реакторах этого типа естественный способное $Th-232$ при поглощении нейтронов превращается в делящийся изотоп урана-233. Этот изотоп, участвуя в цепной реакции деления, выделяет теплоту и избыточные этого нейтроны, которые преобразовывают еще большее количество тория в $U-233$. Такая технология привлекательна тем, что, во-первых, позволяет избежать производства плутония, во-вторых, в качестве топлива типа используется довольно распространенный торий, а, в-третьих, эффективность использования топлива может быть близка к эффективности реакторов на быстрых нейтронах

Можно отметить, что практическое использование нового топлива создаст предпосылки для укрепления лидерства России на мировом рынке ядерных технологий.

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

ТОЛЕРАНТНОЕ ТОПЛИВО – ЧТО ЭТО ТАКОЕ?

Толерантное топливо – ядерное топливо, устойчивое к нештатным ситуациям на АЭС. Даже в случае потери теплоносителя и нарушения отвода тепла в активной зоне реактора толерантное топливо должно в течение достаточно длительного времени сохранять целостность без возникновения парациркониевой реакции, способствующую выделению водорода. Внедрение противоаварийного топлива имеет ключевое значение для вывода системной безопасности и надежности атомной энергетики на качественно новый уровень. В Топливной компании Росатома «ТВЭЛ» научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию толерантного топлива выполняет и координирует ВНИИНМ им. А.А. Бочвара.

Для нового ядерного реактора БРЕСТ-ОД-300, на котором будут опробоваться новые технологии, разработан технический проект тепловыделяющего элемента на базе смешанного нитридного уран-плутониевого топлива (СНУП-топлива). Для стартовой загрузки реактора БРЕСТ достаточно обоснованного выгорания топлива на уровне 6%, в ходе экспериментов уже достигнут показатель 9%. Полученные результаты позволяют обосновать ресурсные испытания твэлов на глубину выгорания 9-10%.

РЕМИКС топливо - инновационное топливо для реакторов ВВЭР, при котором повторно используется не только плутоний, содержащийся в облученном топливе, но и невыгоревший уран-235. Применение РЕМИКС-топлива позволит снизить потребление природного урана в топливном цикле.

МОКС топливо - смешанное оксидное уран-плутониевое отвода топливо, предназначенное для использования в реакторах на быстрых нейтронах. Оно производится из отработанного ядерного топлива, что открывает возможность реализации концепции создания замкнутого ядерного цикла. Это позволит исключить нештатные ситуации на АЭС, сократить объем образования ядерных отходов и расширить сырьевую базу атомной энергетики за счет многократного рециклирования ядерного топлива. В настоящее время начато серийное производство МОКС-топлива и загрузка в реактор БН-800 на Белоярской АЭС.

Такие инновации исключают возникновение ситуации аварийного разогрева реакции взаимодействия перегретого пара и циркония с выделением взрывоопасного водорода.

*А.А. Кудряшов, В.С. Шагушин, студ;
рук. В.Г. Работаев, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИНКА ПРИ ПОДГОТОВКЕ РЕАКТОРА К ВЫВОДУ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ

При выводе из эксплуатации образуется большое количество радиоактивных отходов, сравнимое с их накоплением за весь период работы энергоблока. Наиболее значительный вклад вносит дезактивация оборудования КМПЦ, предусматривающая многоэтапную обработку поверхностей с использованием коррозионно-агрессивных реагентов высокой концентрации.

При дозировании цинка отсутствует необходимость регулярного проведения контурных химических дезактиваций. Отмеченный эффект резкого снижения скорости реактивации обусловлен тем, что уже в начальный период этого процесса наблюдается интенсивное вымывание с поверхностных оксидных пленок в поток теплоносителя кобальта и других радиоактивных продуктов коррозии. При этом дозируемый цинк в значительной степени поглощается оксидной пленкой, и на поверхностях первого контура формируется термодинамически наиболее устойчивая цинковая шпинель, которая препятствует дальнейшему внедрению радиоактивного кобальта в оксидные пленки.

В 1990-1996 годах в рамках реализации отраслевой программы «Повышение экологической безопасности АЭС с реакторами РБМК путем организации ВХР с дозированием цинка» НИКИЭТ при поддержке ряда отраслевых организаций выполнил комплекс работ по отработке технологии дозирования цинка в теплоноситель РБМК-1000. Исследования завершились испытаниями узла дозирования цинка, сконструированного ГИ ВНИПИЭТ, на энергоблоке №3 Смоленской АЭС, без введения цинка непосредственно в КМПЦ, в результате которых была подтверждена возможность реализации технологии дозирования цинка на АЭС с РБМК-1000.

Технология дозирования цинка в теплоноситель перед окончательным остановом реактора дает возможность снизить дозовые нагрузки на персонал, осуществляющий работы по выводу из эксплуатации, а также исключить использование жестких химических реагентов для дезактивации КМПЦ.

*Е.Д. Куприянов, студ.; рук. Л.В. Голубева, к.э.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Сравнительная ценность того или иного вида топлива определяется по экономическим показателям: теплотворной способности, затратам на добычу, затратам на транспортировку, затратам на переработку. Ядерное топливо имеет следующие особенности: огромная теплотворная способность, невозможность полного использования загруженного в реактор топлива, высокая цена уранового топлива, появление отработанного ядерного топлива. Обеспечение надежной безопасности при эксплуатации АЭС и при обращении с ядерным топливом вызывает значительное усложнение и удорожание АЭС по сравнению с электростанциями на органическом топливе. Но с другой стороны АЭС значительно дешевле по стоимости топлива. Хоть тонна урана и дороже тонны угля и газа, но урана не требуется в таком колоссальном количестве.

Табл. 1. Сопоставление стоимостей строительства и эксплуатации ТЭС и АЭС

Тип	Ст-ть строительства у. е.	Ст-ть тонны у.е.	Кол-во топлива т/ в год	1 год работы у. е.:	5 лет работы у. е.:	30 лет работы у. е.:
АЭС	1180	0,088	23250	3226	11410	62560
ТЭС	110	0,002	2300000	4710	23110	138110
ТЭС с ГТУ	90	0,0007	767600	627,32	2776,6	16209,6

Библиографический список

1. Владимиров В.И. Физика ядерных реакторов: Практические задачи по их эксплуатации. Изд. 6-е, испр.-М.: ЛЕНАНД, 2018.-480с.

*М.Р. Леденцов, студ.; рук. А.Г. Ильченко, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, Иваново)*

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВАРИЙНОГО ПИТАНИЯ ПАРОГЕНЕРАТОРОВ ЭНЕРГООБЛОКОВ ВВЭР-440

Система аварийной питательной воды предназначена для обеспечения питательной водой парогенераторов при отводе остаточных тепловыделений от активной зоны реактора. При обесточивании АЭС данная система является основной для расхолаживания реакторной установки. В режимах с потерей нормального электроснабжения пар сбрасывается через БРУ-А, а питательная вода поступает из деаэраторов с помощью аварийных питательных электронасосов (АПЭН), питание которых осуществляется от дизель-генераторов системы надежного электроснабжения.

Если запуск ДГ не пройдет или случится их отказ после запуска, произойдет полное обесточивание станции, что может привести к серьезной аварийной ситуации.

Предлагается установить дополнительные одноступенчатые приводные турбины на один вал с АПЭН, которые бы обеспечивали подачу питательной воды в парогенераторы при отказе или незапуске дизель-генераторов.

Для привода турбонасосов используется пар, вырабатываемый в ПГ в процессе расхолаживания за счет остаточных тепловыделений в реакторе. Система двухканальная. В каждом канале установлено по одному турбонасосу и она функционирует при отсутствии всех источников электропитания, включая аварийные. Мощность одного канала системы равна мощности одного канала АПЭН и равна 200 кВт. Отвод тепла до включения системы АТПН в работу производится за счет испарения воды из парогенератора в атмосферу.

Был проведен детальный расчет нескольких вариантов системы. В качестве турбопривода аварийного питательного насоса выбрана одноступенчатая турбина с начальным давлением 3 бара и непосредственным выхлопом в атмосферу. Произведенные расчеты режима расхолаживания РУ подтвердил, что предлагаемая модернизированная система аварийного питания парогенераторов успешно выполняет свои функции и расхолаживает реактор до 165 °С примерно за 3 часа 20 минут. Если ставить целью только отвод остаточных энерговыделений, то система может выполнять свои функции в течении более 30 часов. Она способна сократить риск возможных аварий с непоправимыми последствиями.

*Д.А. Мазуров, студ.;рук. Н.Г. Иванова, к.х.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ЯДЕРНОЕ ТОПЛИВО

Ядерная энергетика является одной из основных отраслей России по выработке электроэнергии. Доля выработки электроэнергии атомными станциями в России составляет около 20% от всего производимого электричества [1]. Как и всем источникам электричества, атомным станциям необходимо топливо. Но, как и со станциями, работающими на сжигаемом топливе, на атомных энергоблоках топливо имеет несколько видов.

Цель данной работы – рассказать о ядерном топливе, а именно: что это такое, какие бывают виды топлива, а также плюсы и минусы каждого из видов. Помимо этого, рассмотреть вопросы о способах добычи и утилизации топлива.

В работе проанализирован отечественный и мировой опыт, а также перспективные направления. Большое внимание уделено анализу деятельности российской производитель ядерного топлива, топливной компании «ТВЭЛ» [2]. Именно «ТВЭЛ» производит топливо для энергетических, исследовательских и транспортных реакторов, компоненты ядерного топлива для всех типов реакторов западного дизайна. При этом компания занимает лидирующие позиции в мире в области производства обогащенного урана и ядерного топлива.

Изучение данной темы очень важно для студентов, обучающихся на «атомной» специальности. Многим студентам будет весьма полезно ознакомиться с данной темой в систематизированном виде.

Библиографический список

1. Действующие АЭС России – Росатом [электронный ресурс]. – URL: <https://rosatom.ru › production › generation>
2. АО «ТВЭЛ» [электронный ресурс]. – URL: <https://tvel.ru/>

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПАРОПРОВОДОВ СВЕЖЕГО ПАРА 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 паропроводов свежего пара (ПСП). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для последующей подготовки вопросов тестирования.

ТС ПСП. предназначена для транспортировки насыщенного пара от четырех парогенераторов (ПГ) к паровой турбине (ПТ) энергоблока АЭС.

ТС ПСП разделена структурно, организационно и эксплуатационно на две части: ПСП реакторного отделения (РО) и ПСП турбинного отделения (ТО). В состав ТС ПСП РО входят: 1. Предохранительные клапаны (ПК) 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.

ТС ПСП связана со следующими ТС ПТУ: 1. Основного конденсата; 2. Паропроводов собственных нужд; 3. Вакуумной системы; 4. Сепарации и промперегрева пара; 5. Теплофикационной установки; 6. Деаэрационной установки; 7. Питательных турбонасосов;

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС ПСП: 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. – 2020 год: «ИЭ ТС паропроводов свежего пара ПТУ К-1000-60/3000».
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 год.

*Е.К. Максимов, 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 течении 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 автоматизации и защиты, предназначенные для контроля работы системы и автоматизации технологического процесса

ТС ДУ связана со следующими ТС ПТУ: 1. ОК; 2. ХОВ; 3. ПВ; 4. РВД; 5. СПП; 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. – 2020 год: «ИЭ ТС деаэрационной установки ПТУ К-1000-60/3000».
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 год.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПАРОПРОВОДОВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД 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 паропроводов собственных нужд (ПСН). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для последующей подготовки вопросов тестирования.

ТС ПСН предназначена для обеспечения паром парозежекторных 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 станции; 3. Коллектор греющего пара деаэраторов. Паровые коллекторы системы обеспечены секционными задвижками, что позволяет вывести из работы ту или иную часть коллектора. Предохранительные устройства ТС ПСН выбраны таким образом, чтобы защитить трубопроводы и арматуру от недопустимого превышения давления при наиболее тяжёлом режиме работы.

ТС ПСН связана со следующими ТС ЭБ АЭС: 1. Паропроводов свежего пара; 2. Турбопитательных насосов; 3. Деаэрационной установки; 4. Расхолаживания; 5. Уплотнений; 6. Вентиляции и кондиционирования; 7. Вакуумной системы; 7. Теплофикационной установки; 8. Спецводоочистки; 9. Продувки парогенераторов; 10. Продувки-подпитки первого контура; 10. Общестанционный паровой коллектор собственных нужд, может являться как источником, так и потребителем пара ТС ПСН.

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС ПСН: 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. – 2020 год: «ИЭ ТС ПСН ПТУ К-1000-60/3000».
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 год.

*М.Н. Мечтаева, аспирант; рук. А.В. Горбунов, д.т.н, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ ТУРБИН АЭС

Ядерная энергия является наиболее экологичной и экономичной по сравнению с другими видами энергии. Однако производство ядерной энергии до сих пор не доведено до идеального использования топливных ресурсов, приводящего к получению максимального количества энергии на выходе. Повысить эффективность производства энергии можно, увеличив КПД оборудования и систем АЭС.

Актуальным является создание моделей элементов систем АЭС и их изучение для выполнения задач модернизации, повышения надежности и эффективности оборудования, входящего в состав систем.

Эффективность работы паротурбинной установки зависит от работы вакуумной системы, которая определяется работой системы циркуляционной воды и эжекторов. Эжекторы, разработанные в 50х-80х годах прошлого века, не соответствуют современным требованиям в части надёжности и эффективности конденсационной установки.

Можно выделить несколько параметров, которые определяют оптимизацию процессов в эжекторе. К таким параметрам относятся:

- геометрические параметры
- осевое положение сопла,
- формы приёмных камер, камер смещения, диффузора и т.д.

Перспективными являются исследования изменения геометрии сопла эжектора. Для достижения наибольшей эффективности работы эжектора необходимо комбинировать различные способы изменения геометрии сопла, а также учитывать влияние этих изменений друг на друга. Поиск оптимального варианта заключается в определении зависимости изменения параметров потока от вносимых конструктивных изменений. Для наиболее оптимальных вариантов должен быть проведен тщательный газодинамический расчет и проверка эффективности работы эжектора, а также определение влияния внесенных в геометрию изменений на эффективность паровой турбины в целом.

Библиографический список

1. Трухний А.Д. Стационарные паровые турбины / М: Энергоатомиздат, 1989 г. – 636 с.
2. Шкловер Г.Г. Исследование и расчет конденсационных установок паровых турбин / Г.Г. Шкловер, О.О. Мильман. М.: Энергоатомиздат, 1985 г.– 240 с.
3. Александров В.Ю. Оптимальные эжекторы (теория и расчёт). – М.: Машиностроение, 2012 г. – 136 с.

*А.Д. Мигалова, А.А. Соловьёв, студ.; рук. А.Ю. Токов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОВОЙ АККУМУЛЯЦИИ НА АЭС

За последние 14 лет доля выработки электроэнергии на АЭС в общей выработке объединённых энергетических систем в России выросла с 16 до 19 процентов. Энергетическая стратегия России до 2030 года подразумевает дальнейшее увеличение доли выработки АЭС.

Современные АЭС рассчитаны на работу в базисном режиме. Это связано с высокой капитальной и низкой топливной составляющей себестоимости электроэнергии. Работа АЭС в переменных режимах связана с резким снижением технико-экономических показателей и уменьшением срока службы энергоёмкого оборудования первого контура. Уже сейчас АЭС привлекаются к регулированию энергосистем для прохождения суточных графиков нагрузки, поэтому актуальной остаётся проблема повышения манёвренности энергоблоков АЭС.

Возможны два подхода к увеличению манёвренности АЭС: повышение надёжности работы реакторной установки в переменных режимах и применение надстроек, воспринимающих переменную часть графика нагрузки при работе реактора на постоянной мощности. Использование первого способа маловероятно из-за недопустимого снижения надёжности и безопасности оборудования первого контура при работе его в переменном режиме. При применении второго - наиболее выгодным будет использование систем теплового аккумулирования, а именно, системы с баком-аккумулятором горячей воды и баком холодного конденсата, подключаемых в различных точках к конденсатно-питательному тракту.

Работа АЭС с аккумуляторами тепла в полупиковой и пиковой части графика повысила бы экономичность работы всей энергосистемы и положительно сказалась бы на её надёжности.

В 80х годах рассматривался проект Татарской АЭС с аккумуляцией тепла, который не был реализован. Представляет интерес вновь рассмотреть этот проект и рассчитать технико-экономические показатели (удельную энергоёмкость, КПД, стоимость пиковой электроэнергии).

Библиографический список

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

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

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДХОДОВ К ПОВЫШЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПАРОВЫХ ТУРБИН АЭС

На сегодняшний день существует большое число программных комплексов (ПК) для оценки и анализа эффективности работы паровых турбин (ПТ) электростанций. Однако, каждый из них содержит в себе, как преимущества, так и недостатки. В связи с развитием атомной энергетики по всему миру благодаря продвижению «зелёной» энергии, большой суммой инвестиций в строительство новых станций и модернизацию старых, важным аспектом является оценка эффективности второго контура АЭС.

По этим причинам, актуальной задачей, которой посвящена настоящая работа, является поиск максимально результативного подхода и ПК для оценки эффективности, поиска узких мест для их оптимизации и, следовательно, повышения производительности ПТ АЭС.

Объектом исследования являются ПТ АЭС, работающие при докритических параметрах пара на входе. Предметом – подходы к оценке и повышению их эффективности.

Практическая значимость результатов исследования состоит в том, что будет установлен наиболее продуктивный подход и ПК в рамках работ по повышению эффективности одной из АЭС.

В ходе исследования проведен анализ работ российских и зарубежных авторов. Особое внимание уделяется повышению эффективности с использованием нейронных сетей и глубокого обучения, поскольку этот подход может давать до 10% прироста мощности[1], тогда как традиционные оптимизационные алгоритмы дают прирост 1-2%[2].

Также стоит отметить большой вклад в развитие математических моделей паровых турбин, сделанный на кафедре паровых и газовых турбин ИГЭУ.

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. V. Mrzljak The influence of various optimization algorithms on nuclear power plant steam turbine exergy efficiency and destruction // Scientific Journal of Maritime Research. – 2021. – №35. – p. 69-86.

*А. Наврузов, студ.; рук. Л.В. Голубева, к.э.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

КОРПОРАТИВНАЯ КУЛЬТУРА КОМПАНИИ ПАО «ГАЗПРОМ»

Компания ПАО «Газпром» является ведущим игроком, как на внутреннем, так и на внешнем энергетическом рынке. Успех можно связать и с ведущим положением на рынке, с особым отношением государственных органов к компании. На энергетическом рынке нет идентичных организаций. Есть определённые общие черты, но то, что отличает организации друг от друга и можно назвать корпоративной культурой. В общем случае в корпоративной культуре можно выделить ценности и нормы. Годом утверждения основополагающих ценностей и норм ОАО «Газпром», можно считать 2016 год, год когда был внедрен проект по внедрению технологий бережливого производства. Корпоративными ценностями и нормами Общества ОАО «Газпром» являются: профессионализм – работники профессионалы своего дела, их работа качественна, своевременна; инициативность – работники самостоятельны, выражают активную жизненную позицию по вопросам совершенствования производственного процесса; бережливость – ответственный и бережный подход к использованию активов Общества «Газпром», к собственному рабочему времени и рабочему времени других работников; взаимное уважение – командный дух в работе, доверие, доброжелательность и сотрудничество в процессе решения поставленных задач; открытость к диалогу – открытый и честный обмен информацией, готовность совместно выработать оптимальное решение; преемственность – уважение к труду и опыту старших поколений, общение начинающих с ветеранами труда, профессиональное обучение и наставничество; имидж – использование приемов и стратегий, направленных на создание позитивного мнения об Обществе ОАО «Газпром». Группа Газпром входит в число лидеров мирового энергетического рынка. Деятельность группы влияет на жизнь миллионов людей в России и за рубежом. Поэтому в основе ее так много ценностей.

Библиографический список

1. Бережливое производство в ПАО «Газпром нефть» [Электронный ресурс] Режим доступа:
https://depos.admhmao.ru/upload/iblock/0b3/berezhlivoe_proizvodstvo_v_pao_gazprom_neft.pdf

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

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ТУРБОУСТАНОВКИ К-500-60/1500 5-ГО БЛОКА НОВОВОРОНЕЖСКОЙ АЭС

Одним из путей развития энергетики можно рассматривать совершенствование тепловых схем с точки зрения тепловой экономичности, что может быть реализовано быстро и без больших капиталовложений. В результате анализа тепловой схемы 5-го блока Нововоронежской АЭС были выявлены возможные варианты модернизации тепловой схемы турбоустановки. Детально были проработаны варианты модернизации системы сброса сепарата и конденсата греющего пара СПП-1000.

Были рассмотрены следующие варианты:

- оптимизация слива конденсата греющего пара пароперегревателя 2 ступени посредством установки охладителя дренажа;
- оптимизация слива сепарата из сепаратосборника.

Расчеты тепловой экономичности схем выполнялись с помощью компьютерной вычислительной программы «Shema_20». В результате рассмотрения вариаций данных модернизаций были рекомендованы следующие оптимальные варианты, дающие повышение электрической мощности турбоустановки и электрического КПД по сравнению с исходной схемой.

1. Установка охладителя дренажа после ПВД-7 со сливом конденсата в ПВД-7 для первой модернизации.

2. Организация слива сепарата из сепаратосборника в рассечку между бустерным и турбопитательным насосом.

Исходя из полученных результатов для модернизированных схем было подобрано необходимое оборудование, а также был проведен расчет капитальных затрат на его установку и рассчитаны сроки окупаемости.

Таблица 1 – Анализ экономической оценки модернизаций турбоустановки

Наименование показателя	Значение	
	Установка ОД ПП-2 (ОВ-150-3А 1 шт.)	Оптимизация слива сепарата (1КсВ 315- 160-1 2 шт.)
Стоимость оборудования, млн. руб	3,572	3,296
Капитальные затраты, млн. руб	5,787	5,34
Прирост прибыли, млн. руб/год	1,671	2,45
Срок окупаемости, лет	3,462	2,179

Из таблицы 1 видим, что данные модернизации эффективны и целесообразны для внесения их в практическую эксплуатацию.

*И.А. Носков, студ.; рук. Л.В. Голубева, к.э.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АНАЛИЗ КОНКУРЕНТОВ АЭС

При нынешнем уровне мощности имеющиеся на Мировом рынке АЭС по-прежнему будут экономически конкурентоспособны по сравнению с тепловыми электростанциями, работающими на мазуте при существующем уровне международных цен на нефть АЭС имеют большие экономические преимущества. В большинстве случаев крупные АЭС, которые вступят в эксплуатацию в ближайшем будущем, могут производить более дешевую электроэнергию, чем ТЭСУ. Ключевым экономическим фактором для электроэнергии, производимой на ТЭСУ, является стоимость поставляемого на электростанцию угля.

ТЭСУ имеют экономические преимущества в том случае, если электростанции могут получать уголь по цене ниже 30 \$/т. Для ядерной энергии ключевым фактором являются общие капитальные издержки. АЭС в значительной степени является более экономичной альтернативой ТЭСМ и даже ТЭСУ. Данный вывод подтверждается также исследованиями МАГАТЭ в области ожидаемых издержек производства электроэнергии на АЭС мощностью свыше 600 МВт. По расчетам издержки производства электроэнергии на АЭС, находящихся в этом диапазоне мощности, значительно ниже издержек ТЭСМ и конкурентоспособны по сравнению с ТЭСУ за исключением случаев, когда имеется дешевый уголь.

При сравнении издержек производства электроэнергии ТЭСУ и АЭС мощностью 300 - 400 МВт, последние оказываются минимально конкурентоспособными и то лишь при высоких ценах на уголь. Крупное расширение производства электроэнергии в развивающихся странах с помощью ТЭСУ потребует также и крупных капиталовложений в необходимую инфраструктуру, особенно в системы транспортировки, а также принимать влияние крупных угольных программ на окружающую среду. В свете этих довольно обнадеживающих предварительных результатов в отношении реакторов небольшой и средней мощности МАГАТЭ проводит исследования в целях более точного определения возможных издержек и экономической конкурентоспособности, а также для определения возможного рынка сбыта АЭС такого типа в будущем.

Библиографический список

1. Леонард Л. Беннетт «Экономические показатели эксплуатации АЭС: Степень их конкурентоспособности» БЮЛЛЕТЕНЬ МАГАТЭ, 1985 г.
2. Стив Томас, «Экономика ядерной энергетики Публикация, посвященная ядерным проблемам No. 5», декабрь 2005 г.

*Д.Н. Орлов, студ.; рук. М.А. Вольман, к.т.н.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДЫ SIMINTECH В ПОСТРОЕНИИ МОДЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

Современные прикладные программы облегчают расчеты и процессы изучения различных технологических систем. В настоящее время просматривается тенденция импортозамещения на рынке инженерного программного обеспечения все чаще появляются отечественные разработки.[1] Одной из актуальных сред для моделирования теплогидравлических и гидродинамических процессов, происходящих на АЭС, является программный комплекс SimInTech – российская разработка с тщательно проработанным теплогидравлическим расчётным кодом, что является несомненным плюсом.[2] Актуальность данной темы обуславливается распространённостью модификации реакторной установки ВВЭР-1000, оборудование которой будет рассмотрено, и возможностью дальнейшего использования данного программного комплекса для оптимизации работы данных установок и их схем.

Нами была рассмотрена модель конденсатора энергоблока серийной реакторной установки ВВЭР-1000 (В-320), разработанная на основе библиотеки «Теплогидравлика (HS)». Программный комплекс SimInTech выбрана из-за возможность создания математической модели по принципиальным и тепловым схемам, взятых из проектно-конструкторской документации, и достоверности полученных решений, обусловленной использованием сертифицированных расчётных кодов для моделирования теплогидравлических процессов в паровых и водяных трактах установки.

С помощью данной модели можно решать задачи по оптимизации работы оборудования, изучить влияние геометрии и конструкции конденсатора на технологические параметры, исследовать динамику процессов, происходящих в конденсаторе. Если в данной среде разработать комплексную модель ПТУ, то это позволит решать более прикладные задачи: определение экономического и предельного вакуума, определение величины недогрева в конденсаторе и др. Данная работа позволяет сделать выводы, что программный комплекс SimInTech позволяет разрабатывать большое количество точных моделей теплогидравлических процессов и имеет широкое практическое применение на АЭС.

Библиографический список

1. Импортозамещение в области “тяжелых” САПР: мнение специалиста. Integral [Электронный ресурс] / Режим доступа <https://integral-russia.ru/2017/09/23/importozameshhenie-v-oblasti-tyazhelyh-sapr-mnenie-spetsialista/>, свободный – (дата обращения: 10.02.2022).
2. В.Н. Петухов, И.А. Паршиков, А.М. Щекатуров, К.А. Тимофеев Модельно ориентированное проектирование в SimInTech. [Электронный ресурс] / «Атомный проект» – 2014. Режим доступа: <https://3v-services.com/books/2014/model-based-design-sit.pdf>, свободный – (дата обращения: 12.02.2022).

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОСНОВНОГО КОНДЕНСАТА 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 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: три конденсатных насоса первой ступени, предназначенных для откачки конденсата из конденсаторов турбины через БОУ в ПНД-1; пять конденсатных насосов второй ступени, предназначенных для откачки конденсата из ПНД-2 через поверхностные ПНД в деаэраторы; трубопроводы, служащие технологическими связями, и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; КИП и средства автоматики, предназначенные для контроля работы системы и автоматизации технологического процесса.

ТС ОК связана со следующими системами ПТУ: 1. Системой циркуляционного обслуживания. Основной конденсат поступает из конденсаторов основной турбины; 2. Системой паропроводов свежего пара. Паровое пространство основных конденсаторов имеет связь с системой сброса свежего пара через БРУ-К; 3. Системой уплотнений ротора ТГ; 4. Системой БОУ, которая служит для очистки конденсата; 5. Системой регенерации низкого давления; 6. Системой дренажного бака; 7. Дренажей машзала; 8. Сепарации и промперегрева. Основной конденсат подается на уплотнения насосов слива сепарата; 9. Системой турбопитательных насосов. Основной конденсат подается на уплотнения питательных насосов.

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации технологической системы ОК: подготовка к пуску, пуск системы, работа на мощности, останов системы, вывод системы в ремонт.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 год: «ИЭ ТС основного конденсата ПТУ К-1000-60/3000».
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 год.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ 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 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 паровой турбины до температуры 217,8 °С при номинальной мощности энергоблока.

В состав технологической системы РВД входят:

- две параллельные линии подогревателей высокого давления ПВД-6 и ПВД-7. Подогреватели предназначены для подогрева питательной воды паром нерегулируемых отборов основной ПТ до температуры 217,8 °С (при номинальной нагрузке);
- трубопроводы, служащие технологическими связями;
- арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений;
- КИП и средства автоматики и защиты, предназначенные для контроля работы системы и автоматизации технологического процесса.

Технологическая система РВД связана со следующими системами ПТУ: системой питательной воды, системой паропроводов нерегулируемых отборов пара из основной паровой турбины, системой основного конденсата, системой деаэрационной установки, системой дренажного бака, системой дренажей машзала.

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации технологической системы РВД: подготовка к пуску, пуск системы, работа на мощности, останов системы, вывод системы в ремонт.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 г : «ИЭ ТС регенерации высокого давления ПТУ К-1000-60/3000».
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 год.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ 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 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: охладитель пара уплотнений ротора паровой турбины; два подключенных параллельно смешивающих ПНД № 1; смешивающий ПНД №2, три последовательно подключенных поверхностных ПНД (№ 3-5); трубопроводы, служащие технологическими связями; арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений; а также КИП и средства автоматики и защиты, предназначенные для контроля работы системы и автоматизации технологического процесса.

Технологическая система РНД связана со следующими системами ПТУ: системой основного конденсата, системой паропроводов отборов из турбины, вакуумной системой, системой сепарации и промперегрева, системой деаэрационной установки, системой турбопитательных насосов, системой дренажного бака, системой дренажей машзала, системой теплофикационной установки.

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации технологической системы РНД: подготовка к пуску, пуск системы, работа на мощности, останов системы, вывод системы в ремонт.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 год: «ИЭ ТС регенерации низкого давления ПТУ К-1000-60/3000».
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 год.

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МАНЕВРИРОВАНИЯ РУ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ «ИМИТАТОР РЕАКТОРА»

Программа «Имитатор Реактора» (ИР) является универсальным средством расчетного моделирования реактора ВВЭР-1200. Программа предназначена для расчетного проектирования алгоритмов оперативного управления реактором в нестационарных режимах работы, а также для использования на действующих АЭС в качестве программного средства информационной поддержки оператора.

С помощью программы ИР были смоделированы следующие процессы:

- Набор мощности на начало кампании (0 эфф. сут.),
- Сброс мощности,
- Набор мощности на конец кампании (250 эфф. сут.) с дальнейшим гашением аксиальных ксеноновых колебаний.

При управлении интегральной тепловой мощностью реактора W необходимо поддерживать локальную мощность (линейная тепловая мощность на твэл) ниже допустимого предела на всех уровнях и во всех ТВС активной зоны (АЗ).

Управление локальной мощностью выполняется, главным образом, путем воздействия управляющих групп ОР СУЗ на высотное распределение энерговыделения или аксиальный офсет (АО):

$$AO = \frac{W_v - W_n}{W} 100\%,$$

где W_v , W_n – мощность верхней и нижней половины АЗ соответственно. В связи с этим для реакторов ВВЭР был разработан метод офсет-мощностной фазовой диаграммы, который устанавливает определенные правила управления W и АО при соблюдении ограничений на локальную мощность и который активно использовался при моделировании выше приведенных процессов.

Подавление аксиальных ксеноновых колебаний проводилось согласно общему правилу: управляющее воздействие должно изменять офсет в направлении противоположном его дрейфу, а также методами поддержания постоянного и равновесного офсетов. Необходимость данной процедуры может быть обусловлена прогнозным превышением ограничений по локальной мощности или расходящимся характером колебаний.

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРИЯ НА АЭС

Несмотря на достаточные запасы урана на данный момент из-за продолжающегося строительства новых АЭС не исключено истощение запасов дешевого топлива. Пополнить сырьевую базу ЯЭ возможно благодаря внедрению топлива на основе тория, что дополнительно несет ряд преимуществ, связанных со свойствами ториевого топлива.

Ториевое ядерное топливо обладает рядом достоинств: повышенная по сравнению с UO_2 радиационная стойкость ThO_2 , меньшая вероятность распухания ториевого топлива; теплопроводность диоксида тория выше, чем диоксида урана на 1,6% при $100^\circ C$ и на 10% при $1000^\circ C$, также коэффициент линейного расширения ThO_2 на 10% ниже по сравнению с UO_2 [1]; применение тория как ядерного горючего гарантирует нераспространение ядерных материалов по причине образования в ходе кампании ^{232}U , некоторые дочерние продукты которого являются жесткими γ -излучателями, что затрудняет извлечение ^{233}U из ОЯТ без специального оборудования; отработанное ториевое топливо имеет на порядок меньше минорных актинидов (Np, Am, Cm) нежели отработанное урановое.

Поскольку торий является сырьевым нуклидом, на начальном этапе нужно обеспечить его облучение совместно с другим делящимся нуклидом (^{235}U , ^{239}Pu) для получения ^{233}U , применение которого с точки зрения ядерно-физических свойств представляет наибольший интерес в реакторах на тепловых нейтронах. При сравнимых сечениях деления тепловых нейтронов с ^{235}U и ^{239}Pu ^{233}U -уран обладает наименьшим сечением поглощения, что дает примерно 0,2 «дополнительных» тепловых нейтрона, которые можно использовать для улучшения эксплуатационных свойств реактора.

Перспективные НИОКР по использованию тория в ЯЭ ведутся в различных направлениях, среди которых использование ториевого топлива в уже существующих ЯР (например ВВЭР-1000), а также разработка новых концепций реакторов ВТГР, ЖСР, CANDU и др.

Библиографический список

1. И.Б. Половов, А.В. Абрамов, Р.В. Камалов Ядерно-химическая технология тория: учеб. пособие; Мин-во науки и высш. обр. РФ. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019 — 143 с.
2. Журнал Росэнергоатом №11 ноябрь 2014 г.

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

УЛУЧШЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ТУРБОПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА АЭС

Целью данной работы является формирование необходимой базы для проведения теплогидравлических расчетов тракта питательной воды, а также для создания в дальнейшем нейросетевой модели работы турбопитательного насоса с трактом питательной воды для повышения эффективности работы турбопитательного насоса и сопряженных с ним трубопроводов.

Работа состоит в оценке работы участков трубопроводов воды сопряженных с работой турбопитательного насоса. Для выбранного участка трубопровода АЭС запрашиваются схемы и реальные показатели параметров эксплуатации агрегатов и узлов, входящих в данный участок. После получения данных определяется, вся ли необходимая информация отражена на схемах и в массивах параметров. При недостатке информации для построения делается повторный уточняющий запрос конкретных параметров. На основании полученных плоских принципиальных схем в системе автоматизированного проектирования (САПР) разрабатываются принципиальные аксонометрические схемы с привязками расположения трубопровода в пространстве, а так же с учетом внутренних и внешних диаметров труб, высот их расположения, и их протяженности, углам наклона и других технологических параметров.

Плоские схемы переводятся в объемную аксонометрическую схему трубопровода, на которой в масштабе указаны диаметры трубопроводов, длины участков, зоны присоединения штуцеров, места замеров параметров, места размещения задвижек, зон перехода, ответвлений, тройников и т.д.

Аксонометрическая схема трубопровода позволяет рассматривать работу трубопровода с учетом паспортных характеристик оборудования по транспортировке среды с учетом местных сопротивлений от арматуры. На основе данной схемы проводится подробный гидравлический расчет трубопровода тракта питательной воды по инженерной методике.

Следующий этап – это обработка реальных показателей, который производится на основе статистических методов. Получив расчетные и реальные данные, они сравниваются. Анализируются их отличия. Эти отличия позволяют найти узкие места по работе трубопроводной сети сопряженной с работой турбопитательного насоса.

Библиографический список

1. Горбунов В. А. Использование нейросетевых технологий для повышения энергетической эффективности теплотехнологических установок. Научное издание. ПресСто, 2011. - 476с.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДРЕНАЖЕЙ МАШЗАЛА И БНС 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 дренажей машзала и БНС (ДМ и БНС). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для последующей подготовки вопросов тестирования.

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

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

В состав ТС ДМ и БНС входят: 1. Насосы откачки дренажных вод. Для откачки дренажей из дренажных прямков. В машзале установлены три дренажных насоса каждый мощностью 4 кВт с подачей 16 м³/ч и напором 50 м.в.ст. В БНС установлены три дренажных насоса каждый мощностью 8 кВт с подачей 160 м³/час и напором 20 м.в.ст. 2. Дренажные прямки; 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 ДМ и БНС связаны со всеми ТС ЭБ АЭС, где возможны утечки рабочего тела, а также с ТС стоков и циркуляционного водоснабжения.

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС ДМ и БНС: 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. – 2020 год: «ИЭ ТС дренажей машзала и БНС ПТУ К-1000-60/3000».
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 год.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДРЕНАЖНОГО БАКА 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 дренажного бака (ДБ). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для последующей подготовки вопросов тестирования.

ТС ДБ предназначена для сбора дренажей высокого и низкого давления.

В состав ТС ДБ входят: 1. Расширитель дренажей. Для приемки дренажных потоков от паропроводов и оборудования контура ПТУ; 2. Расширитель пусковых дренажей. Для сбора дренажных потоков главных паропроводов; 3. Сепаратор влаги II отбора. Для удаления влаги пара II отбора паровой турбины. После него пар поступает в коллектор собственных нужд, а дренаж стекает в расширитель дренажей; 4. Дренажный бак. Для сбора дренажных потоков от РД, а также от паропроводов и оборудования контура ПТУ; 5. Дренажные насосы; 6. Охладитель выпара. Для утилизации теплоты 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.

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС ДБ: 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. – 2020 год: «ИЭ ТС теплофикационной установки ПТУ К-1000-60/3000».
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 год.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ 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 теплофикационной установки (ТФУ). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для последующей подготовки вопросов тестирования.

ТС ТФУ предназначена для подогрева сетевой воды, поступающей на промышленную площадку АЭС паром нерегулируемых отборов паровой турбины (ПТ) энергоблока АЭС. ТФУ рассчитана на тепловую нагрузку 200 Гкал/час при температурном графике сетевой воды $t_{пр.}/t_{обр.}=150/70$ °С, с расчетной температурой наружного воздуха -30 °С.

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. Для обеспечения циркуляции сетевой воды; 5. Два конденсатных насоса. Для слива конденсата греющего пара; 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. ПСВ служат для подогрева сетевой воды паром нерегулируемых отборов ПТ ЭБ АЭС.

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. Циркуодоснабжения; 7. Дренажного бака; 8. Химочищенной воды.

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС ТФУ: 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. – 2020 год: «ИЭ ТС теплофикационной установки ПТУ К-1000-60/3000».
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 год.

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

АНАЛИЗ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПОДОГРЕВА ВОДЫ

Системы регенеративного подогрева воды относятся к системам нормальной эксплуатации, важным для безопасности на ТЭС и АЭС. Системы регенерации отечественных и зарубежных паровых турбин имеют довольно устойчивую структуру. Они включают в себя: подогреватели низкого давления, деаэрактор, подогреватели высокого давления и перекачивающие конденсатные и питательные насосы.

С целью обеспечения экономичности турбоустановки и энергоблока обеспечивается номинальный конечный подогрев основного конденсата, подогрев питательной воды, удаление из питательной воды коррозионно-активных газов, создание рабочего резерва питательной воды в баках – аккумуляторах, подогрева питательной воды в регенеративном цикле турбоустановки, приема конденсата греющего пара, пара из дренажей и паровоздушной смеси, приема ХОВ, подачи пара на уплотнения турбоустановки и ТПН при работе на номинальных параметрах.

Для исключения неисправностей, превышения возможных отклонений, аварийных режимов, а также совершенствовании систем регенерации проведен расчетный и экспертный анализ тепловой схемы турбоустановки К-1000-60/3000 (производства ОАО ЛМЗ).

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 систем регенеративного подогрева воды.

Для проведения оценки влияния повышения эффективности путем снижения гидравлических потерь будут проведены расчетные исследования схемы регенерации в статических и динамических режимах.

Библиографический список

1. Трифонов Н.Н. Совершенствование системы регенерации паротурбинных установок со смешивающими теплообменниками низкого давления с учетом переменных режимов: Дис. ...канд. техн. наук. Л., 1984.

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

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННОГО ТЕПЛООБМЕНА НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРИСТЫХ ТЕЛ

В энергетической сфере активно используются теплоизоляционные, пористые композитные, керамические, шихтовые материалы. Для улучшения структуры и придания материалам заданных свойств, выполняется термическая обработка. Актуальной задачей является анализ влияния радиационного теплообмена на теплофизические свойства пористых тел.

Для численного описания пористых тел значимой является методика замены геометрии на тела с фракталоподобной структурой, имеющие свойства самоподобия. В работе был выбран массив заготовок, расположенных хаотично, представляющий собой структуры, называемые насыщенными садками. Реальное пористое тело заменили фрактальной структурой куба 2 ранга разбиения. Моделирование выполнено в программном комплексе COMSOL Multiphysics на основе трехмерной модели ковра Серпинского. Поскольку распределение теплоты может быть неравномерным по структуре объекта, рассмотрено три варианта сечения фракталоподобной кубической структуры.

В зависимости от сечений построены одномерные расчетные модели, обладающие достаточной точностью и определены эффективные коэффициенты теплопроводности.

Анализ показал, что геометрические параметры структуры и радиационный теплообмен значительно влияют на эффективный коэффициент теплопроводности при высоких температурах свыше 400°С. Используемая в работе методика может применяться для математического моделирования процессов теплообмена теплоэнергетических объектов при расчете температурных полей и определения режимов нагрева [1].

Библиографический список

1. Горбунов В.А., Андрианов С.Г., Коновальцева С.С. Оценка влияния радиационного теплообмена на параметры температурных полей твэлов различного конструктивного исполнения // Вестник ИГЭУ. – 2021. – №2. – С. 23-31. DOI: 10.17588/2072-2672.2021.2.023-031.

*Т.Д. Торопов, студ.; Харитонов Б.М., аспирант;
рук. А.А. Беляков, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПГВ-1000 И РЕЖИМОВ ЕГО РАБОТЫ В СРЕДЕ SIMINTECH

В России на АЭС с реакторами типа ВВЭР применяются горизонтальные парогенераторы (ПГВ) с погруженной поверхностью теплообмена.

Главной целью этой работы является создание достоверной математической расчетной модели ПГВ – 1000, простейшего алгоритма и интерфейса управления парогенератором для введения различных режимов работы парогенератора.

Моделирование происходило в программе отечественной разработки SimInTech – среда для создания математических моделей, алгоритмов управления и интерфейсов управления. Для моделирования использовалась библиотека теплогидравлики, которая относится классу одномерных (1-D) однокомпонентных теплогидравлических кодов. Она предназначена для расчета динамических и стационарных процессов в гидравлических контурах произвольных топологий с учетом работы оборудования.

В качестве исходных данных использовалась информация об основных характеристиках ПГВ – 1000 (геометрические размеры, количество входящих и выходящих потоков и другие). На их основе, путем набора различных блоков с заданием соответствующих свойств, создавалась расчетная модель парогенератора. Также для контроля параметров рабочих сред и оборудования использовались датчики, сигналы которых образуют базу данных сигналов для создания алгоритмов управления парогенератором. Значения в свойствах блоков по которым нет достаточной информации оставлены по умолчанию.

Получившаяся модель отображает рассчитанные параметры во всех элементах схемы, которые близки или совпадают со значениями, описанными в технической литературе. Созданный интерфейс управления позволяет менять режим работы парогенератора, воздействуя на значения температур, расходов входящих потоков и положения запорно-регулирующей арматуры.

Библиографический список

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

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ 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 вакуумная система (ВС). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для подготовки вопросов тестирования.

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 конденсатор основной турбины через БРУ-К в нестационарных режимах работы энергоблока. В конденсатор вместе с паром поступает некоторое количество неконденсирующихся газов – кислорода и углекислоты, а из-за присосов через неплотности ВС – большое количество воздуха. Поэтому из конденсатора производится непрерывное удаление этих газов с помощью водоструйных эжекторов.

В состав вакуумной системы входят: конденсатор; часть системы циркуляционного водоснабжения, предназначенная для циркуляционного водоснабжения конденсатора; эжекторная установка, предназначенная для создания и поддержания в конденсаторе оптимального вакуума; система уплотнений ротора турбины; часть системы основного конденсата, предназначенная для откачки конденсата из конденсатора.

ТС ВС связана с большим количеством технологических систем ПТУ, среди которых система циркуляционного водоснабжения; паропроводов свежего пара; сепарации и промпрегрева; регенерации высокого и низкого давления, теплофикационной установки, деаэрационной установки, паропроводов собственных нужд и другие.

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС ВС: подготовка к пуску, пуск системы, работа на мощности, останов системы, вывод системы в ремонт.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 год: «ИЭ ТС вакуумной системы ПТУ К-1000-60/3000».
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 год.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ СЕПАРАЦИИ И ПРОМПЕРЕГРЕВА 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 сепарации и промперегрева (СПП). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы системы для подготовки вопросов тестирования.

Технологическая система СПП предназначена для осушения и промежуточного перегрева до 250 °С пара, отработанного в ЦВД турбины, в целях получения допустимой степени влажности на последних ступенях ЦНД во всех режимах работы турбины.

СПП представляет собой вертикальный аппарат, состоящий из сепаратора и одноступенчатого пароперегревателя. Сепаратор расположен в нижней части аппарата, а пароперегреватель – в верхней. Греющим паром в пароперегревателях СПП является свежий пар. Конденсат греющего пара (КГП) сливается в единый конденсатосборник, из которого насосом подаётся в линию питательной воды за ПВД-7. Также предусмотрен резервный безнасосный отвод КГП СПП в деаэратор. Сепарат сливается через гидрозатвор в единый сепаратосборник, из которого насосом слива сепарата (НСС) подаётся в линию основного конденсата за ПНД-5. Для защиты ТС СПП от возможного повышения давления предусмотрена установка четырёх сбросных и четырёх предохранительных клапанов.

Технологическая система СПП связана со следующими системами ПТУ: системой паропроводов свежего пара, системой регенерации высокого давления; системой деаэрационной установки; системой регенерации низкого давления, системой питательной воды.

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС СПП: подготовка к пуску, пуск системы, работа на мощности, останов системы, вывод системы в ремонт.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 год: «ИЭ ТС сепарации и промперегрева ПТУ К-1000-60/3000».
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 год.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЦИРКВОДОСНАБЖЕНИЯ 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 циркудоснабжения (ЦВС). Исследовано назначение, состав, связи, нормальные режимы работы для подготовки вопросов тестирования.

Технологическая система 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 энергоблока, а именно: маслоохладители системы смазки турбины и ТПН, маслоохладители системы уплотнения вала ТГ, маслоохладители системы регулирования ПТ, маслоохладители блочных трансформаторов, газоохладители генератора, воздухоохладители возбuditеля и выпрямителя, охладители вентустановки токопроводов. Также система ЦВС обеспечивает работу водоструйных эжекторов ПТУ.

Всё оборудование ТС ЦВС установлено в блочной насосной станции (БНС) и в машзале. В состав системы входит следующее оборудование: циркуляционные насосы; дренажные насосы БНС; очистные сетки и решетки; решеткоочистная машина с саморазгружающейся тележкой; подъёмные насосы эжекторов; водоструйные эжекторы цирксистемы. Также к системе ЦВС относятся трубопроводы, служащие технологическими связями; арматура, предназначенная для выполнения переключений; КИП и средства автоматики и защиты, предназначенные для контроля работы и автоматизации технологического процесса.

Технологическая система ЦВС связана со всеми системами, где требуется техническая (охлаждающая) вода.

Исследованы основные режимы нормальной эксплуатации ТС ЦВС: подготовка к пуску, пуск системы, работа на мощности, останов системы, вывод системы в ремонт.

Библиографический список

1. Инструкции по эксплуатации энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 год: «ИЭ ТС циркудоснабжения ПТУ К-1000-60/3000».
2. Альбом схем ТС энергоблока № 3 Калининской АЭС. – 2020 год.

*Р.А. Федорцов, студ.; рук. Л.В. Голубева, к.э.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ РАЗВИТИЯ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ В РОССИИ

При развитии атомной энергетики могут быть поставлены вопросы либо о максимальной безопасности, либо о максимальной энергоэффективности АЭС, либо об их разумном компромиссе. Первый вариант вопросов возник после трех крупных аварий на АЭС (ТМ1-22 в США, Чернобыльской АЭС и Фукусимы); второй вариант постановки вопроса был актуален для начального этапа развития ядерной энергетики, тогда ставилась задача конкурентоспособности в сравнении с органической энергетикой; компромиссный вариант актуализируется в соответствии с нынешним периодом «ренессанса» ядерной энергетики, основанном на 60-летнем опыте развития. Целесообразным становится переход от атомных реакторов большой мощности снова к малым и средним мощностям, но уже на другом концептуальном уровне понимания их роли и места в энергосистеме государства. По данным Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), в настоящее время в разработке находится около 70 концепций АСММ, что на 40 % больше, чем в 2018 году.

Роль АСММ в данном аспекте может состоять: в укреплении экономики депрессивных районов и даже выведении их в лидеры экономического и социального развития, в создании очагов прочной хозяйственной деятельности, рабочих мест и возможности прогресса в ряде смежных отраслей промышленности, в повышении энергетической безопасности на региональном и местном уровнях как в различных чрезвычайных ситуациях (подземные автономные АСММ), так и в диверсификации энергоснабжения. А также в помощи развивающимся странам стабилизировать энергоснабжение и снять остроту нарастающих проблем с пресной водой, так как опреснение воды напрямую связано с энергообеспечением. Несмотря на все плюсы реализации АСММ государство может столкнуться с рядом проблем и для того, чтобы избежать их странам, поддерживающим внедрение АСММ, необходимо сосредоточиться на: 1) вовлечение общественности; 2) сооружение демонстрационных установок ММР, не имеющих аналогов, и приобретение опыта; 3) гармонизация режимов лицензирования; 4) развитие производственного потенциала.

Библиографический список

1. Бушуев В.В. От плана ГОЭЛРО – к Энергетической стратегии России // Энергетик. 2010. № 12. С. 5–7.
2. Борисов В.Н., Почукаева О.В. Инновационное развитие машиностроения // Проблемы прогнозирования. 2013. № 1. С. 38–51.

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

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОРГАНОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ И ЗАЩИТЫ РЕАКТОРА ПИК

Объектом исследования является исполнительный механизм шторок реактора ПИК. Исполнительный механизм шторок имеет решающее значение в обеспечении ядерной безопасности реактора в силу своей большой эффективности. Это предполагает высокие требования к надежности данного привода.

Задачей модернизации конструкции исполнительного механизма шторок реактора ПИК было повышение надёжность системы аварийной защиты реактора.

Конструкция привода представляет собой герметичный полый корпус, к которому крепятся с помощью фланцевых соединений два кинематически независимых привода верхней шторки и привод нижней шторки. Оба привода идентичны и содержат вращательные шаговые электродвигатели, электромагнитные муфты и датчики положения.

В работе проанализированы требования к исполнительным механизмам, основные отказы работы исполнительного механизма шторок, на основе существующей кинематической схемы привода шторок сделан модернизированный вариант схемы, проведены расчеты прочности модернизированной кинематической схемы привода шторок, рассчитано время сброса рабочего органа по сигналу АЗ,

На основе анализа недостатков существующего привода шторок предлагается модернизированная конструкция привода. Приведён кинематический расчёт, обоснована прочность элементов силовой кинематической цепи. Тем самым подтверждена допустимость предлагаемой конструкции.

В предлагаемой схеме исключены электромагниты и расцепляющие муфты верхней и нижней шторок, применён более надёжный шаговый двигатель и изменено количество зубцов повышающего ротора

Библиографический список

1. Отчет по обоснованию безопасности комплекса с исследовательским ядерным реактором ПИК (ООБ ИР ПИК), Гатчина, 2015.
2. НП-086-12. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии "Правила устройства и эксплуатации исполнительных механизмов органов воздействия на реактивность" (с изменениями на 28 сентября 2017 года).

СЕКЦИЯ 10
ТЕПЛООБМЕН В ПРОМЫШЛЕННЫХ
УСТАНОВКАХ

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

Секретарь –
студ. **Беляков Д.С.**

*П.П. Ткаченко, асп.; Н.Е. Шлегель, асп.; Кропотова С.С., асп.;
рук. П.А. Стрижак, д.ф.-м.н., проф.
(НИ ТПУ, г. Томск)*

ХАРАКТЕРИСТИКИ СОУДАРЕНИЯ КАПЕЛЬ С ТВЕРДЫМИ ЧАСТИЦАМИ

Изучение взаимодействий капель различных жидкостей с твердыми частицами в мировом научном сообществе имеет особое значение [1–3]. Большое количество работ посвящено исходам столкновений с описанием карт возможных режимов [3]. Однако до настоящего времени экспериментально не изучено комплексное влияние на характеристики соударений капель и частиц основных свойств жидкости: вязкости, поверхностного и межфазного натяжения.

Приведены результаты экспериментальных исследований характеристик соударений капель с твердыми неподвижными частицами при варьировании ключевых свойств жидкостей: вязкости (0.001–0.0063 Па·с), поверхностного (0.07269–0.0361 Н/м) и межфазного натяжения (0.04257–0.00341 Н/м). В качестве частиц использовались металлические сферические частицы диаметром 2–4 мм. Соударения капель жидкости с твердой частицей регистрировались при помощи высокосортной видеокамеры Fastcam Mini UX100 и объектива Sigma 105mm f/2.8 EX DG OS HSM Macro Nikon F. Для определения эффективности процесса фрагментации капле проводился расчет отношения площадей свободных поверхностей после и до взаимодействия капли с частицей.

Результаты исследований представляют интерес для развития технологий вторичного измельчения капель жидкостей. С их использованием можно прогнозировать режимы взаимодействия капель различных жидкостей и частиц.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-71-10002-П

Библиографический список

- 1. Simhadri R.R., Naveen P.T., Krishnakumar K., Kumar R.S.** Dynamics of single droplet impact on cylindrically-curved superheated surfaces // *Experimental Thermal and Fluid Science*. 2019. (101). P. 251–262.
- 2. Fujimoto H., Obana W., Ashida M., Hama T., Takuda H.** Transient contact behavior of aqueous polymer solution droplets with transparent hot solid // *Experimental Thermal and Fluid Science*. 2018. (96). P. 1–10.
- 3. Pawar S.K., Henrikson F., Finotello G., Padding J.T., Deen N.G., Jongsma A., Innings F., Kuipers J.A.M.H.** An experimental study of droplet-particle collisions // *Powder Technology*. 2016. (300). P. 157–163.

*П.П. Ткаченко, асп.; Н.Е. Шлегель, асп.; Кропотова С.С., асп.; рук. П.А. Стрижак, д.ф.-м.н., проф.
(НИ ТПУ, г. Томск)*

СТОЛКНОВЕНИЕ КАПЕЛЬ ВОДЫ С ТВЕРДЫМИ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЧАСТИЦАМИ

Соударения капель жидкостей и твердых частиц в газовых средах способствуют интенсификации тепломассобменных процессов во многих приложениях и системах [1–3]. В связи с этим актуальность приобретают экспериментальные исследования процессов столкновений капель и частиц для определения параметров, при которых происходит их стабильное слияние (агломерация) в условиях, соответствующих реальному технологическому оборудованию [1–3].

Приведены результаты экспериментальных исследований процессов взаимодействия капель воды (радиусы 0.2–1 мм) с металлическими частицами (радиусы от 2–4 мм). Начальная температура жидкости варьировалась в диапазоне 20–90 °С, а металлических частиц – в диапазоне от 20 °С до 250 °С. Соударения регистрировались видеокамерой Fastcam Mini UX100. Построены карты режимов соударений в системе координат, учитывающей влияние сил инерции, поверхностного натяжения, определены соотношения энергий в зоне соударения.

Результаты проведенных экспериментов позволили выделить влияние температуры жидкости на режимы и последствия соударений капель с твердыми частицами. Показано, что для снижения длительности реализации режима агломерации необходимо нагревать капли жидкости до температуры около 90 °С. Такой нагрев капель позволяет снизить времена растекания капли по частице на 25 %.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-71-10002-П
(<https://rscf.ru/en/project/21-71-03001/>)

Библиографический список

- 1. Yang C., Jeong J., Kim Y., Bang B., Lee U.** Numerical simulation of a circulating fluidized bed combustor and evaluation of empirical models for estimating solids volume fraction // *Powder Technology*. 2021. (393). P. 786–795.
- 2. Anufriev I.S., Baklanov A.M., Borovkova O.V., Vigriyanov M.S., Leshchevich V.V., Sharypov O.V.** Investigation of soot nanoparticles during combustion of liquid hydrocarbons with injection of a superheated steam jet into the reaction zone // *Combustion, Explosion, and Shock Waves*. 2017. (53). P. 140–148.
- 3. Liang G., Mudawar I.** Review of spray cooling – Part 2: High temperature boiling regimes and quenching applications // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2017. (115). P. 1206–1222.

**Р.С. Осипов, маг.; И.В. Санников, асп. (НХТИ, г. Нижнекамск);
рук. И.Н. Мадьшев, к.т.н.
(КНИТУ, г. Казань)**

ТЕРМИЧЕСКАЯ РЕКТИФИКАЦИЯ ПОСРЕДСТВОМ ОТВОДА ТЕПЛА

Снижение энергозатрат, возникающих в ходе эксплуатации ректификационных колонн является приоритетным направлением оптимизации производственного процесса [1].

Целью исследований является определение влияния количества отведенного тепла на расход флегмовой жидкости в ректификационной колонне.

Исходная смесь, этиловый спирт – вода, при температуре 80 °С поступает в колонну, состоящую из 11 тарелок. Массовый расход исходной смеси принимался равным 1000 кг/ч. Массовая доля этанола в исходной смеси составляла 0,4. Температура верха колонны составляла 79 °С, давление верха – 101,325 кПа. Перепад давлений в колонне задавался равным 30 кПа. Содержание этилового спирта в кубе допускается не более 0,006% масс.

Были произведены расчеты колонны без отвода тепла и отводом тепла с верхней тарелки. Вне зависимости от количества отведенного тепла из 1-ой тарелки колонны суммарный тепловой поток в конденсаторе и дефлегматоре оставался неизменным.

По полученным результатам исследования видно, что при отводе тепла с последней тарелки происходит снижение массового расхода жидкости на выходе из конденсатора, что ведет к уменьшению расхода флегмы. Поскольку транспортируется меньший объем, на его перекачку затрачивается до 30% меньше энергии.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-00001, <https://rscf.ru/project/21-79-00001/>.

Библиографический список

1. Олевский В.М. Пленочная тепло и массообменная аппаратура. М.:Химия, 1988. 240 с.

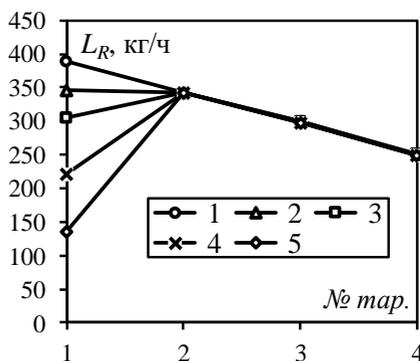


Рис. 1. Изменение массового расхода жидкой фазы этанола в зависимости от количества тепла, отводимого с 1-ой тарелки Q , кВт: 1 – 0; 2 – 13,9; 3 – 27,8; 4 – 55,6; 5 – 83,3.

*А. Ахмерова; Е. Мухаметжанова; В. Идиятулин;
рук. А.Р. Хажидинова, (Университет Шакарима, г. Семей)*
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА В
ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ КОТЛА**

Эффективность работы котельной установки напрямую зависит от интенсивности теплообмена в газоходах котла [1, 2]. Актуальность рассматриваемой проблемы связана с необходимостью проведения качественного исследования процесса теплообмена в топочной камере котельного агрегата КЕ-25-14 при сжигании местных непроектных углей. Ввиду развития и распространения современных вычислительных машин широкое распространение получила методика моделирования процессов, происходящих в энергетическом оборудовании.

Научная новизна настоящей работы заключается в том, что впервые получена обширная база данных процесса теплообмена в топочной камере котла КЕ-25-14 при сжигании местного Каражиринского угля. В результате проведённых исследований установлены температуры продуктов сгорания в объёме топочной камеры котла, получены данные участков, наиболее сильно подверженные высоким температурам, что позволит использовать данную информацию при определении необходимости защиты поверхностей нагрева и принятии мер по предотвращению образования очагов прогрессивного шлакования.

Кроме того, полученные результаты могут быть использованы при изучении дисциплин «Введение в специальность», «Специальные вопросы сжигания топлива» студентов 1 курса энергетических специальностей. Запланировано участие студентов с вышеизложенными данными в конкурсе START – UP проектов университета Шакарима, направленного на поддержку развития и коммерциализации студенческих проектов.

Библиографический список

1. **Фокин В.М.** Теплогенераторы котельных. М.: Машиностроение 1, 2005. 160 с.
2. **Шелиховская О.В., Погонин. В.О.** Анализ тепловых процессов в паровом котле с естественной циркуляцией // Молодой ученый. – 2020. – № 8 (298). – С. 1-3. URL: <https://moluch.ru/archive/298/67560/> (дата обращения: 14.02.2022).

*Д.Н. Нурғалиев, соискатель; А.Н. Шалаганова, ст.преподаватель;
А.Е. Сатыбалдинова, преподаватель; рук. М.В. Ермоленко (к.т.н.)
(НАО «Университет им. Шакарима г. Семей»)*

НЕИСПРАВНЫЙ КОНДЕНСАТОР В ХОЛОДИЛЬНИКЕ

В данной статье рассмотрим неисправность конденсатора холодильной установки. Чтобы проанализировать возможные проявления этого семейства неисправностей на различных участках холодильного контура, мы в качестве примера будем рассматривать конденсатор, у которого сильно загрязнена система.

Загрязненная теплообменная поверхность конденсатора одна из причин выхода из строя ХУ. Если оборудование работает при загрязненном конденсаторе долгое время, его узлы изнашиваются быстрее, перегревается компрессор. В конце концов компрессор перестает работать. Причиной такой неисправности – наличие в помещении большого количества пыли, грязи и тополиного пуха, который попадает на ребрение конденсатора и мешает нормальному теплообмену.

С помощью тренажера «Холодильник» рабочий режим был поставлен так, что бы система работала в режиме засора конденсатора. Экспериментальные работы были проведены и обработаны. По полученным данным видно, что основные показатели морозильной камеры ХУ не снижаются.

Поскольку ребрение конденсатора сильно загрязнено, теплообмен между хладагентом и воздухом, продуваемым через конденсатор, становится очень плохим. Снижение интенсивности теплообмена приводит к значительному уменьшению мощности конденсатора и плохому охлаждению паров хладагента. В результате температура конденсации повышается.

Нехватка мощности конденсатора обуславливает плохую конденсацию паров. Это означает, что переохлаждение жидкости, измеренное на выходе из конденсатора, будет сильно уменьшаться вплоть до полного отсутствия. Из-за роста давления нагнетания массовый расход падает, количество паров, поступающее в магистраль всасывания, снижается и охлаждение ухудшается. Теперь электродвигатель будет сильнее нагреваться и хуже охлаждаться, поэтому температура картера компрессора будет гораздо выше нормальной, также как и температура газа в нагнетающей магистрали. Наконец, в связи со снижением массового расхода компрессор всасывает паров меньше, чем обычно, и в результате давление кипения тоже растет.

О.Д. Чумак, К.А. Умаров, студ.;
рук. Д.А. Долинин, ст. преп.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КЕРАМИКИ С ДОБАВКОЙ УГЛЕРОДНОГО ОСТАТКА ПИРОЛИЗА ТКО

Перспективным направлением использования твердых продуктов пиролиза является производство различных материалов для промышленного, гражданского и дорожного строительства.

В работе проведено исследование коэффициента теплопроводности нового керамического материала, полученного с использованием добавки твердого остатка пиролиза отходов древесины и текстиля [1]. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности выполнено методом цилиндрического слоя [2]. Получены графические зависимости коэффициента теплопроводности керамики от температуры (рис. 1).

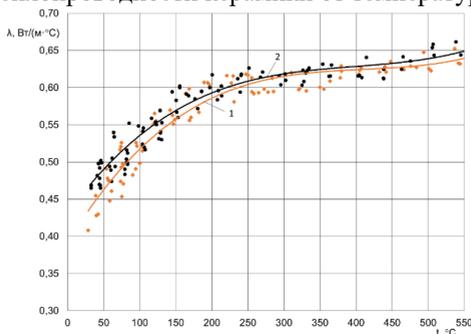


Рис. 1. Температурная зависимость коэффициента теплопроводности керамики, полученной с использованием пиролизного остатка: 1 – древесины; 2 – текстиля.

Выбор в качестве добавки пиролизного остатка того или иного вида отходов будет определяться назначением производственного изделия и областью его применения. Представляется возможной перспектива использования материала для производства теплоизоляционных стеновых изделий.

Библиографический список

1. Патент РФ № 2753792 Способ получения керамического материала / Колибаба О.Б., Долинин Д.А., Габитов Р.Н., Гусев Е.В., Самышина О.В. Опубл.: 23.08.2021, Бюл. №24.
2. ГОСТ 8.009-84 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.

Д.С. Таламаев, магистрат; В.И. Ананьев, студ.;
рук. Е.В. Гусев, к.т.н. (ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СУШКИ ГЛИНОЗОЛЬНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Интенсивность сушки керамических материалов при конвективном подводе теплоты зависит не только от внешних тепловых и гидродинамических условий теплообмена, но от внутренней структуры высушиваемого материала [1]. Интенсивность удаления влаги из материала в процессе сушки вычисляется из кривых сушки, характер которых определяют формы связи влаги с влажным материалом и их распределение по времени обезвоживания.

Сушка глинозольных пластинчатых образцов различного состава осуществлялась за счет подвода теплоты от нагретого воздуха при температуре 120°C и скорости 2,5 м/с в условиях продольного обтекания теплоносителем обеих поверхностей материала.

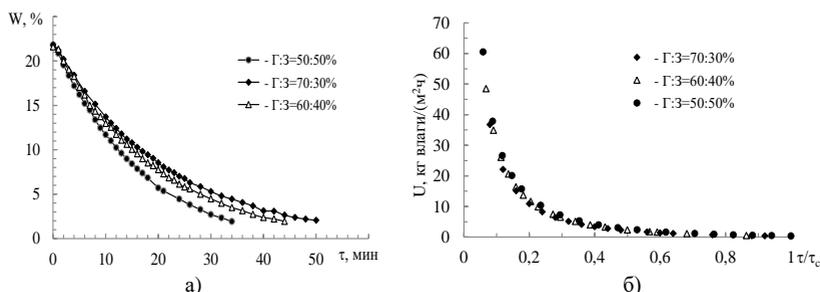


Рис.1 Кривые сушки (а) и интенсивности влагообмена (б) глинозольных образцов различного состава

Из кривых сушки ($W=f(\tau)$) и обобщенных кривых интенсивности влагообмена ($U=f(1/\tau\tau_c)$) (рис.1) установлено, что увеличение содержания золы повышает интенсивность влагообмена между поверхностями материала и теплоносителем и снижает продолжительность тепловой обработки. По закономерностям кривых сушки можно сказать, что основными формами связи влаги с материалом являются наличие свободной влаги в период постоянной скорости сушки и капиллярно-связанной влаги в период убывающей скорости сушки.

Библиографический список

1. Сажин Б.С. Основы техники сушки. М.: Химия, 1984. 320 с.

*Д.С. Таламаев, магистрат; М.А. Перевезенцев, студ.;
рук. Е.В. Гусев, к.т.н. (ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ГЛИНОЗОЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Использование тонкодисперсной (менее 0,1 мм) золы ТЭС в производстве глинозольной керамики как источника вторичных ресурсов требует информации о протекании внутренних тепловых эффектов при обжиге изделий [1]. В качестве метода исследования использованы термогравиметрический (ТГ) анализ для определения изменения массы вещества и дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК) для регистрирования термических эффектов.

Результаты исследования глинозольного материала с 40% содержанием золы получены при помощи блока термического анализа STA 449 F3 Jupiter комплекса синхронного термического анализа фирмы NETZSCH и приведены в виде ТГ и ДСК кривых (рис.1).

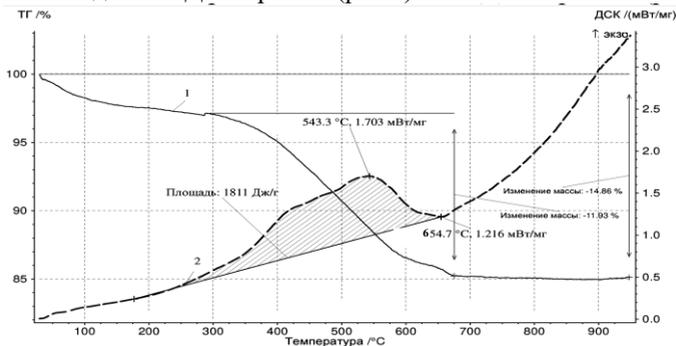


Рис.1. ТГ и ДСК-кривые глинозольного тонкодисперсного материала при нагревании со скоростью 5°С/мин до температуры 950°С: 1 – ТГ; 2 – ДСК

Максимальная убыль массы глинозольной смеси за весь период нагрева составляет 15% и в интервале температур 300÷660°С - 12%.

На кривой ДСК исследуемого материала в интервале температур 250÷655°С наблюдаются экзотермический эффект (заштрихованная площадь), т. е. выделение теплоты при частичном выгорании углерода из остаточного топлива в золе. Это свидетельствует о наличии внутреннего энергетического потенциала и возможности его использовании при обжиге керамических изделий.

Библиографический список

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

А.М.Безруков, Д.Н.Попов, студ.; рук. Р.Н. Габитов, к.т.н.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗА В СЛОЕ ОТХОДОВ

Процесс фильтрации газа в слое твердых отходов зависит от его гидравлического сопротивления. Определение сопротивления слоя отходов сопряжено с затруднениями связанными с его неявно выраженной структурой. Слой твердых отходов представляет собой пористое тело, состоящее из смеси различных по размеру компонентов продуктов жизнедеятельности человека, физические свойства, которых различны. Эти факторы не всегда можно учесть в существующих методиках расчета гидравлических сопротивлений насыпного слоя.

Целью работы является экспериментальное определение гидравлического сопротивления насыпного слоя отходов от скорости газа.

В эксперименте определялось гидравлическое сопротивление слоя твердых отходов – ξ с плотностью от 30 до 125 кг/м³ и высотой $h = 0,2 \pm 0,5$ м и диаметром $d = 0,45$ м при изменении скорости продуваемого воздуха на входе в слой – w , м/с.

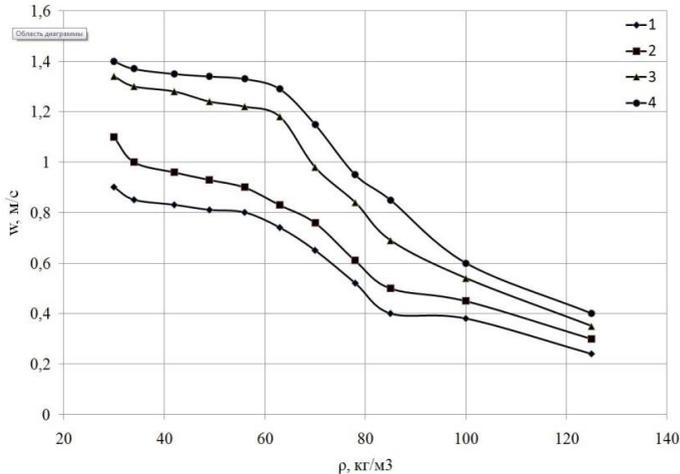


Рис. 1. Скорость движения газа в зависимости от плотности слоя

Изображенная на рисунке 1 зависимость отражает уменьшение скорости газа с ростом плотности слоя отходов. Начиная с плотности 55 – 60 кг/м³ и перепада давления воздуха на входе и выходе свыше 100 Па эта тенденция усиливается.

*И.Е. Полтев студ.; Н.Ф. Сахибгареев студ.;
рук. В.Э. Зинуров, асс.
(КГЭУ, г. Казань)*

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРОЩЕННОЙ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ С ДВУМЯ СЕКЦИЯМИ

На сегодня день во многих промышленных секторах используются камеры сгорания. Актуальной задачей является повышение их энергетических характеристик. Целью данной работы являлось проведение численного моделирования упрощенной модели камеры сгорания с двумя секциями (рис. 1). В качестве исходных данных задавались следующие параметры в ANSYS Fluent: массовый расход воды на входе в прямоугольный патрубок – 0,00313 кг/с, мощность горелки 50 кВт и состав газа [1–2]. В докладе представлено, что для повышения КПД камеры сгорания необходимо уменьшение ее диаметра внешнего контура.

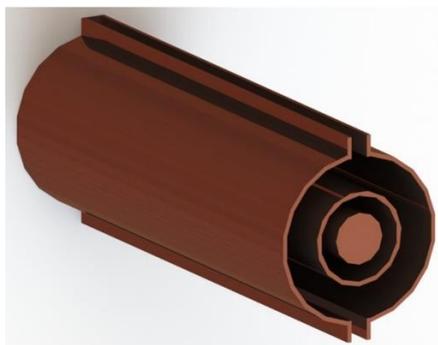


Рисунок 1 – Упрощенная трехмерная модель камеры сгорания с двумя секциями

Работы выполнены при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК – 2710.2021.4.

Библиографический список

1. Дмитриев А. В., Зинуров В. Э., Гумерова Г. Х. Оценочный расчет процесса теплообмена в камере сгорания при сжигании природного газа // Вестник технологического университета. - 2018. - Т. 21. - №. 2. - С. 99-103.
2. Зинуров В. Э., Дмитриев А. В., Гайнатуллин Р. Р., Латыпов Д. Н., Хафизова А. И. Снижение энергетических затрат при отводе низкопотенциального тепла от оборотной воды путем использования блока оросителя с гофрированными перфорированными пластинами // Вестник технологического университета. - 2019. - Т. 22. - №. 10. - С. 57-61

*К.С. Казаков, студ.; рук. О.Ю. Нагорная
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УТИЛИЗАЦИОННЫХ ТЕПЛОВЫХ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЕЙ

Для того чтобы быть конкурентоспособным на современном рынке, современным предприятиям необходимо проводить постоянную работу не только над расширением ассортимента выпускаемой продукции и ее качеством. В настоящее время вопрос энергосбережения на промышленных предприятиях является одним из приоритетных направлений. Это обусловлено постоянным ростом цен на электричество, тепло и энергоносители.

До 40% всех используемых в стране энергоносителей расходуется не рационально, либо в виде прямых потерь, либо в экономике, которая не дает конкретного полезного эффекта у потребителя, отягощая расходную часть бюджетов всех уровней. Постоянно растет доля стоимости энергоресурсов в структуре затрат на производство продукции. [1]

Снижение энергетических издержек достигается путем внедрения рациональной системы энергоснабжения, основным направлением которой является установка на предприятия собственных источников энергии и внедрение энергосберегающих мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности. [2]

Одним из вариантов использования ВЭР, является внедрение утилизационной теплоэлектроцентрали (УТЭЦ). УТЭЦ является рабочим узлом предприятия, которая предназначена для утилизации вторичных энергоресурсов, являющихся побочными продуктами производства, и использования их для выработки электроэнергии и обеспечения потребителей теплом в горячей воде, а также паром для производственных нужд. Значительное снижение выбросов ВЭР в атмосферу препятствует созданию парникового эффекта.

Внедрение УТЭЦ позволит удешевить себестоимость продукции, делая её конкурентоспособнее.

Библиографический список

1. **Энергосбережение** в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебник для вузов / О.Л. Данилов, А.Б. Горяев, И.В. Яковлев и др.; под ред. А.В. Клименко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 424 с.: ил.
2. **Климовец О.В.** Экономическая эффективность использования вторичных энергетических ресурсов в промышленности // Управление экономическими системами: электронный научный журнал, 2016, № 9 (91), 35.

*М.С. Белов, А.Н. Бородин, Н.С. Тимонин, студ.;
рук. А.И. Сокольский, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВЛАЖНЫХ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Разработано эффективное устройство для термической обработки влажных дисперсных материалов.

Установка предусматривает подачу исходного материала в виде дисперсных частиц или диспергированной водной суспензии при помощи пневмофорсунки. Имеется вихревая камера с днищем-диффузором, лопастным завихрителем-измельчителем, имеющим турбинную секцию для организации закрученного потока теплоносителя и секцию измельчения для помола образующихся возможных агломератов распыляемой суспензии. Установка обеспечивает возможность помола агломератов дисперсного материала, попадающего в нижнюю часть аппарата при помощи сочетания вращающихся прямоугольных бил и неподвижных отбойников, прикрепленных к корпусу вихревой камеры. Трехмерная модель установки представлена на рис. 1.

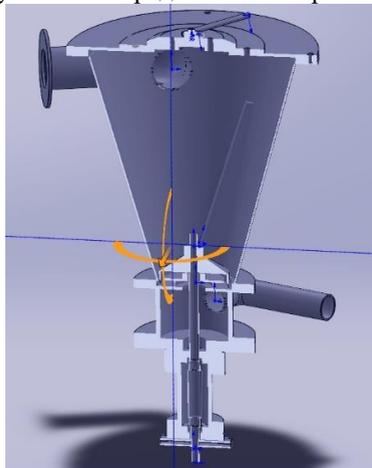


Рис. 1. Модель сушилки для влажных дисперсных материалов

Сушилка относится к технике термообработки высоковлажных дисперсных материалов и может быть использовано в химической и смежных отраслях промышленности [1].

Библиографический список

1. Сажин Б.С. Основы техники сушки /Б.С. Сажин / М.: Химия, 1984. – 320 с.

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

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА СОЗДАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

В последнее время стала актуальна проблема отходов, как основных загрязнителей окружающей среды. В данной работе рассмотрена пиролизная технология переработки твердых коммунальных отходов (ТКО) как сырьевого ресурса для получения альтернативного топлива. В качестве основного технологического оборудования используется пиролизная печь, являющаяся авторской разработкой сотрудников кафедры ЭТГ ИГЭУ. Технологическая схема приведена на рис.1.



Рис.1 Технологическая схема пиролизной переработки ТКО

В работе произведен расчет оценки эффективности производства пиролизного газа. Определена себестоимость пиролизного газа, которая составила 4,013 руб/м³, что существенно меньше цены на природный газ. Произведена оценка общественной и коммерческой эффективности инвестиционного проекта.

Срок окупаемости проекта составил 2,126 года.

Библиографический список

1. Теслюк Л.М. Румянцева А.В. Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина. Оценка эффективности инвестиционного проекта. - 2014 г., 140с.
2. Юзович, Л.И. Инвестиции: учебник / под ред. Л.И. Юзович ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – 2-е изд., испр. и доп. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 610 с.

Н.С. Тимонин, А.Н. Бородин, М.С. Белов, студ.;
рук. Д.А. Долинин, ст. преп.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS

При проектировании строительных конструкций важное значение приобретает температурный анализ. Сводные показатели должны соответствовать нормативным показателям удельного расхода тепловой энергии [1]. Одной из задач является определение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций [2]. Постоянное совершенствование используемых в строительстве материалов и появление новых архитектурных решений требуют дорогостоящего экспериментального исследования характеристик теплозащиты либо проведения тепловых расчетов с применением специализированных программ. В программном комплексе ANSYS была разработана математическая модель и проведены тепловые расчеты фасада жилого здания.

При моделировании задавались теплофизические свойства материалов стены и граничные условия на внутренней и наружной поверхностях – температуры и коэффициенты теплоотдачи.

Результаты расчетов могут быть наглядно представлены в виде температурных полей (рис. 1), значений температур в конкретных точках и осредненных по площади, тепловых потоков через элемент.

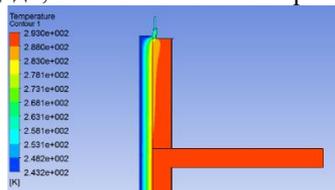


Рис. 1. Температурное поле ограждающей конструкции

Применение расчетных комплексов на стадии проектирования позволит повысить энергоэффективность зданий и снизить потребление энергоресурсов.

Библиографический список

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
2. СП 230.1325800.2015 Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей.
3. Денисов М.А. Математическое моделирование теплофизических процессов. ANSYS и CAE-проектирование: учебное пособие / М. А. Денисов. Екатеринбург: УрФУ, 2011, 149

*А.В. Чибисова, студ.; рук. О.И. Горинов, к.т.н.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

Твердые коммунальные отходы (ТКО) по своему химическому составу являются углеводородными соединениями, которые перспективно обрабатывать в тепловую и электрическую энергии, не затрачивая на эти процессы топливо, а наоборот, его замещая и тем самым обеспечивать энергосбережение. Из известных способов переработки ТКО, с целью получения тепловой энергии, являются термические - пиролиз и газификация, которые являются наиболее экологически чистыми.

Продуктами процесса пиролиза ТКО являются газы CO , H_2 , CO_2 , H_2O и твердый углеродистый остаток ТУО. ТУО, в свою очередь подвергается газификации с газифицирующими агентами CO_2 и H_2O - продуктами процесса пиролиза с образованием газов CO и H_2 , в результате термической переработки ТКО производится горючий газ, который частично идет на сжигание, чтобы обеспечить тепловой энергией процессы пиролиза и газификации и продукты горения от его частичного сжигания. Термогаз и продукты горения являются энергетическими источниками процессов генерации тепловой и электрической энергии и поэтому важно знать какое их количество может быть получено в термореакторе.

Производительность процесса переработки ТКО в термореакторах определяется скоростью переработки w (м/с), которая численно равна удельной объёмной производительности p (м³/с м²). Для проектирования и технической характеристики термореакторов представляет практическая значимость весовая производительность. Плотность ТКО меняется в широком диапазоне (150-460 кг/м³). При скоростях термопереработки $w=0,1 \cdot 10^{-3}$ м/с, удельная производительность термореактора составляет 0,015-0,046 кг/с·м².

Для двухцилиндрового реактора шахтного типа высотой 4 метра и диаметрами шахт 1,5 и 0,5 метров при температуре термоперерабатываемой поверхности 1000С производительность составляет 2,94 кг/с. Удельный выход термогаза составляет 5 м³/кг. При теплотворной способности термогаза 14 МДж/м³ только по химической энергии это соответствует 206 МВт. Если учесть, что около 30% термогаза идет на отопление самого термореактора, то на энергетические нужды остаётся 150 МВт, которые можно использовать в системе автономного энергообеспечения.

СЕКЦИЯ 11
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В ТЕХНОСФЕРЕ

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

Секретарь –
студент **Грызунова Е.Н.**

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

РАЗРАБОТКА ПОЛОЖЕНИЯ О СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ УЧРЕЖДЕНИИ

Создание и функционирование системы управления охраной труда (СУОТ) в организации в соответствии с федеральным законом «Трудовой кодекс Российской Федерации» [1] является одной из основных обязанностей работодателя. СУОТ представляет собой комплекс взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов, устанавливающих политику и цели в области охраны труда у конкретного работодателя и процедуры по достижению этих целей.

Примерное положение о СУОТ, утверждённое Минтрудом РФ, вступает в силу с 01.03.22 [2].

Задача прикладного исследования заключается в разработке на основе нового документа положения о СУОТ в образовательном учреждении.

Разрабатываемое положение о СУОТ может иметь следующие разделы и подразделы:

1. Сведения об образовательном учреждении и его деятельности.
2. Политика образовательного учреждения в области охраны труда.
3. Организационная структура управления в образовательном учреждении.
 - 3.1. Уровни управления в образовательном учреждении.
 - 3.2. Обязанности и ответственность в области охраны труда на уровнях управления в образовательном учреждении.
4. Мероприятия СУОТ в образовательном учреждении.
 - 4.1. Мероприятия по обеспечению функционирования СУОТ.
 - 4.2. Мероприятия по функционированию СУОТ.
 - 4.3. Мероприятия по контролю за эффективностью работы в области охраны труда.
 - 4.4. Мероприятия по улучшению функционирования СУОТ.
5. Организационно-распорядительные документы СУОТ в образовательном учреждении.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. с изм. №311-ФЗ от 02.07.2021) «Трудовой кодекс Российской Федерации» [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения: 08.02.2022).
2. Приказ Минтруда России от 29.10.2021 №776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» // СПС КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_403335/ (дата обращения: 08.02.2022).

*О.О. Вайгачева студ., рук. А.Г. Горбунов к.т.н., доцент,
(ИГЭУ г. Иваново)*

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ У СВАРЩИКА

При проведении измерений концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны сварщика в рамках специальной оценки условий труда (СОУТ) или производственного контроля (ПК), важно правильное расположение пробоотборного устройства. Это такое расположение пробоотборного устройства, которое за время измерений позволит отобрать для пробы аналогичное количество и состав химических веществ, какие будут воздействовать на органы дыхания сварщика.

Однако, практика измерений показывает, что данное требование практически никогда и нигде не соблюдается. Реально отбор проб осуществляется путем расположения пробоотборного устройства рядом с маской сварщика, на уровне его органов дыхания. При таком расположении пробоотборного устройства через него, за время измерений, проходит большее количество веществ газо-аэрозольного сварочного факела, чем реально попадает в зону дыхания сварщика, поскольку эта зона закрыта опускающейся маской, в значительно ограничивающей попадание загрязненного воздуха под нее. При этом возникает значительная методическая погрешность, которая не может быть устранена ни улучшением метрологических характеристик средств измерений, ни увеличением объема выборки измерений.

Для устранения данной методической погрешности предлагаем подобные измерения производить с использованием муляжа головы сварщика, на которую надета защитная маска. При этом пробоотборное устройство предлагаем располагать под маской и ориентировать в пространстве так же как органы дыхания человека.

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

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА СВАРЩИКА ИГЭУ

В настоящий момент не существует какой-либо единой методики оценки индивидуального профессионального риска. Именно благодаря этому существует множество способов оценить данный риск, от специальных авторских методик оценки и заканчивая методами, созданными крупными организациями. В своей работе я использовала методику, разработанную доцентом кафедры БЖД А.Г. Горбуновым [1].

Для своего исследования я выбрала работника сварочного цеха ИГЭУ. В первую очередь я определила действующие на рабочем месте факторы производственного процесса, затем провела измерения показателей, характеризующих условия труда на данном рабочем месте. Очень важным этапом являлось установление класса условий труда по факторам, идентифицированным на рабочем месте. Только после этих действий я смогла определить значение ИПР и оценить его.

Основными факторами производственного процесса являлись световая среда и микроклимат. В работе подробно описан процесс обработки результатов измерений показателей, вычисления неопределенностей и определения значения индивидуального профессионального риска.

В ходе исследовательской работы, был определен профессиональный риск для работника сварочного участка (отдела реконструкции и капитального строительства ИГЭУ), он составил 0,26, что по шкале является средним показателем профессионально риска.

При данном значении следует применить коррекцию риска – снизить вероятность воздействия опасности или тяжести последствий опасных событий за счет безотлагательных мер, включающих в себя: предупреждение об опасности, применение средств индивидуальной защиты и предотвращение развития опасной ситуации.

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. СанПиН 1.2.3685–21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». – [Электронный ресурс] – URL: <https://base.garant.ru/400274954/> (дата обращения: 12.11..2021)

*Е.Н. Грызунова, студ.; рук. А.Г. Горбунов, к.т.н., доц.
ИГЭУ, г. Иваново*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ОТДЕЛА ГЛАВНОГО МЕХАНИКА ИГЭУ

Методика оценки профессионального риска (ПР), предложенная Минтруда РФ на наш взгляд, имеет ряд недостатков, которые будут указаны в докладе. В докладе рассмотрено применение улучшенной методики [1], разработанной в ИГЭУ. По этой методике числовое значение ПР R определяют последующему соотношению:

$$R = \text{СУМ} \cdot \text{П}_{\text{ТР}} \cdot \text{П}_3, \quad (1)$$

где: СУМ – формальный показатель, определяемый по соотношению (2); $\text{П}_{\text{ТР}}$ – показатель травматизма на рабочем месте, характеризует количество и тяжесть травм на данном рабочем месте за год; П_3 – показатель профзаболеваемости, характеризует количество выявленных профессиональных заболеваний на рабочем месте за год.

$$\text{СУМ} = \text{ИОУТ} \cdot K_1 + K_{06} \cdot K_2, \quad (2)$$

где: ИОУТ – интегральная оценка условий труда на рабочем месте, характеризует степень отличия условий труда от допустимых значений и вероятность работы в условиях, не соответствующих нормативным требованиям; K_{06} – показатель опасности оборудования характеризует степень несоответствия конструкции оборудования государственным требованиям охраны труда; K_1 , K_2 – коэффициенты значимости соответствующих показателей.

Показатель ИОУТ предлагаем определять по табл.1 прил.1 к [2] с учетом всех реально действующих на рабочем месте факторов, а не только факторов, идентифицированных в рамках специальной оценки условий труда. Результаты измерений соответствующих параметров следует представлять с расширенной неопределенностью, рассчитанной в соответствии с [3]. В докладе показано разумное, на наш взгляд, использование такого представления результатов таких измерений.

Библиографический список

1. **Горбунов А.Г.** Методика оценки индивидуального профессионального риска /Материалы Международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электро-технологии» XVIII Бенардосовские чтения, т.1. 12 июня 2021 г.
2. Р 2.2.1766-03 Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293846/4293846620.pdf>.
3. ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Межгосударственный стандарт «Неопределенность измерения. Часть 3 Руководство по выражению неопределенности измерения». – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://base.garant.ru/71910770/>

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

О ВЛИЯНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ПРОЦЕСС РАЗБАВЛЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ГОДА

Одним из способов уменьшения негативного воздействия сточных вод является их разбавление. Разбавление сточных вод – это процесс снижения концентрации загрязняющих веществ в водоемах, вызванный перемешиванием сточных вод с водной средой, в которую они выпускаются.

В работе выполнено расчетное исследование процесса разбавления сточных вод в целях определения качества воды в контрольном створе реки при различных температурах воздуха. Значения концентраций нефтепродуктов рассчитаны по формулам методики [1], которые учитывают коэффициенты шероховатости ложа реки $n_{ш}$ и нижней поверхности льда n_l .

Для исследования было выбрано русло значительно засоренное, извилистое и частично заросшее с беспокойным течением с коэффициентом шероховатости ложа реки $n_{ш}=0,050$ [1].

Для этого вида реки были рассчитаны концентрации вредного вещества в контрольном створе, которые приведены в табл. 1, для нескольких периодов: летний период; первые 10 суток после ледостава ($n_l=0,05$); 10 - 20 суток после ледостава ($n_l=0,04$); 20 - 60 суток после ледостава ($n_l=0,03$); 60 - 80 суток после ледостава ($n_l=0,015$); 80 - 110 суток после ледостава ($n_l=0,01$). Стоит заметить, в расчетах для зимнего периода дополнительно учитывалась шероховатость нижней поверхности льда, поэтому результаты расчета для летнего и зимнего периода значительно различаются.

Таблица 1. Изменение концентрации вредного вещества в разные периоды года

с, мг/л	Летний период	Зимний период				
		$n_l=0,05$	$n_l=0,04$	$n_l=0,03$	$n_l=0,015$	$n_l=0,01$
	0,340	0,461	0,496	0,537	0,603	0,625

Анализ данных в табл. 1 позволяет сделать вывод о том, что наибольшие концентрации вредного вещества наблюдаются в конце зимнего периода ($n_l=0,01$), следовательно, оценку допустимости воздействия сточных вод на водоем необходимо выполнять для конца зимнего периода года. Такую же оценку следует проводить для низкого уровня воды (межень).

Библиографический список

1. Методика разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей Утв. Приказом МПР РФ от 29.12.2020 г. №1118

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

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА В ФИЛИАЛЕ ПАО МРСК ЦЕНТРА И ПРИВОЛЖЬЯ – «ИВЭНЕРГО» И НАПРАВЛЕНИЙ ЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Внедренная в ПАО «МРСК Центра и Приволжья» система управления охраной труда (СУОТ) состоит из следующих элементов: политика; организация; планирование и применение; оценка; действия по совершенствованию.

Анализ и оценка состояния СУОТ проводится в несколько этапов. На первом этапе руководство Общества проводит анализ функционирования СУОТ за текущий год. Результаты проведенного анализа направляются в ПАО «Россети». На втором этапе высшее руководство Группы компаний «Россети» рассматривает результаты функционирования СУОТ и проводит их анализ. Одним из важнейших показателей, позволяющим оценить эффективность СУОТ, служит результативность деятельности по управлению профессиональными рисками на рабочих местах. Оценка результативности деятельности по управлению профессиональными рисками зависит от величины предотвращенных потерь, обусловленных производственным травматизмом и производственными заболеваниями. Основные выводы анализа и оценки состояния СУОТ доводятся до работников, а также до заинтересованных сторон.

Целью непрерывного совершенствования функционирования СУОТ является постоянное улучшение соответствия требованиям охраны труда и повышение результативности СУОТ.

Предупреждающие и корректирующие действия (мероприятия) направлены, в первую очередь, на устранение причин несоответствий, несчастных случаев или инцидентов, чтобы исключить их повторное появление.

Библиографический список

1. СТО 34.01-30-001-2018 Положение о СУОТ в группе компаний Россети от 180727.
2. СТО 34.01-30-001.9-2020 «Анализ системы управления охраной труда высшим руководством».
3. СТО 01-019-2019 «Система менеджмента ПАО «МРСК Центра и Приволжья» ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОХРАНЫ ЗДОРОВЬЯ И БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА».

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

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ НОРМАТИВНО ДОПУСТИМОГО СБРОСА С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЯ НА ПРЕВЫШЕНИЕ ФОНОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЕЩЕСТВА В ВОДОЕМЕ

Нормативно допустимый сброс (НДС) с учетом ограничения на превышение фоновой концентрации взвешенного вещества в водоеме необходимо определить по условию допустимости:

$$c(V_{св1}) \leq \text{ПДК} \wedge c(V_{св2}) - c_{\phi} \leq \Delta c_{п}, \quad (1)$$

где $c(V_{св1})$, $c(V_{св2})$ – концентрация взвешенного вещества в зависимости от расхода сточных вод; c_{ϕ} – концентрация взвешенного вещества в водоеме выше створа сброса сточных вод (фоновая); $\Delta c_{п}$ – предельно допустимое превышение концентрации $\Delta c_{п}=0,25$ мг/дм³.

Расчеты НДС выполнены численно-графическим методом [1, 2] для двух взвешенных веществ (адипат аммония или амфикор).

Условие допустимости воздействия (1) содержит два неравенства, которые должны решаться независимо относительно $V_{св1}$ и $V_{св2}$. Затем из двух расходов сточных вод необходимо выбрать минимальный: $V_{свНДС} = \min(V_{св1}, V_{св2})$. Расход $V_{свНДС}$ будет являться нормативно допустимым сбросом взвешенного вещества по условию (1).

Нормативно допустимый сброс для адипата аммония с ПДК=0,5мг/л составил $V_{св НДС1} = 0,3075$ м³/с. Величина $V_{св НДС1}$ определена по условию $c(V_{св1}) - c_{\phi} \leq \Delta c_{п}$. Для амфикора с ПДК=0,2 мг/л нормативно допустимый сброс был получен равным $V_{св НДС2} = 0,215$ м³/с, а его выбор осуществлялся по условию $c(V_{св2}) \leq \text{ПДК}$.

Установлено, что выбор нормативно допустимого сброса взвешенного вещества из двух рассчитанных по условию (1) зависит от соотношения ПДК и $\Delta c_{п}$. При $\Delta c_{п} < \text{ПДК}$ НДС можно определить по условию $c(V_{св}) - c_{\phi} \leq \Delta c_{п}$, а при $\Delta c_{п} > \text{ПДК}$ – по условию $c(V_{св1}) \leq \text{ПДК}$.

Библиографический список

1. Соколов А.К. Определение минимально допустимого расхода воды на разбавление сточных вод перед их сбросом с учетом суммы действия вредных веществ // Теплоэнергетика. 2018. № 10. С. 109–116.
2. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ № 552 от 13.12.2016 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».
URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/71586774/paragraph/1>: (дата обращения: 09.12.2021)

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

АНАЛИЗ СИСТЕМ, АВТОМАТИЗИРУЮЩИХ ФУНКЦИИ СПЕЦИАЛИСТА ПО ОХРАНЕ ТРУДА

Актуальность разработки и внедрения систем, автоматизирующих функции специалистов по охране труда непосредственно связана с эффективностью систем управления и организации охраны труда на предприятиях [1]. Сравнительный анализ систем [2], автоматизирующих функции специалистов по охране труда проводился по таким критериям как цена; наличие технической поддержки и обновлений; множество функций, автоматизирующих деятельность специалиста по охране труда; дружелюбность интерфейса; используемые программные технологии; возможность интеграции с другими автоматизированными системами предприятия; расширение функционала системы средствами пользователя; наличие подсистемы и/или средств поддержки принятия решений; количество успешных внедрений системы и положительных отзывов пользователей. Рассматривались следующие отечественные системы, в том числе распространяемые бесплатно: «Интегрированная система управления предприятием»; «Информационная система специалиста по охране труда от А.К. Юдина»; «1С: Производственная безопасность. Охрана труда»; «Охрана труда для 1С: Системы Безопасности и Охраны Труда»; «Контроль охраны труда – электронное рабочее место инженера по охране труда» и др. По ряду критериев преимущественно выделяется система «Информ Центр: Охрана Труда», которая является прикладным решением на базе «1С: Предприятие». Система включает 16 подсистем, имеет достаточно широкий функционал, и на сегодняшний день имеет потенциал к дальнейшему развитию.

Библиографический список

1. Автоматизация функций систем управления и организации охраны труда / Ю.Ю. Рогожников // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии: {XXI Бенардосовские чтения}: материалы Международной научно-технической конференции, 2-4 июня 2021 г., г. Иваново. – Иваново: ФГБОУВО "Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина".– 2021.– Т.1.
2. Автоматизация функций по обеспечению работников спецодеждой и средствами индивидуальной защиты / Ю.Ю. Рогожников, А.А. Дроздов // Материалы Международной научно-технической конференции "Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии" (XIX Бенардосовские чтения), 31 мая - 2 июня 2017 г., Иваново. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина.– 2017.– Т.1.

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

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ВИДЕО-КОНФЕРЕНЦ-СВЯЗИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

В период пандемии (COVID-19) в Ивановском государственном энергетическом университете (ИГЭУ) активно применялись и продолжают использоваться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии [1]. Для реализации поставленных задач задействованы различные программные средства [2]. В настоящее время в ИГЭУ для организации и проведения дистанционных занятий внедрена отечественная многофункциональная система видео-конференц-связи (ВКС) Mind (г. Москва). Программный комплекс Mind установлен на серверах ИГЭУ (<https://mind.ispu.ru>). Приобретенная лицензия позволяет одновременно проводить до 120 мероприятий всех типов (вебинаров и конференций), с возможным количеством конкурентных пользователей до 2500 на инсталляцию, при этом максимальное количество участников в одной конференции – 120, а в одном вебинаре – 2500. Заявленные параметры вполне покрывают текущие потребности ИГЭУ. Основные возможности системы ВКС Mind заключаются в проведении мероприятий в разных форматах (конференции, вебинары, аудиоконференции). При этом система позволяет настраивать формат мероприятий при помощи шаблонов, создавать пользователей и управлять ими, загружать файлы в хранилище и обеспечивать к ним доступ участников, общаться в чате, записывать мероприятия. Основными рабочими окнами системы являются «О мероприятия», «Трансляция», «Документы», «Доска», «Опрос», «Демонстрация рабочего стола», «Настройки», «Статистика».

Библиографический список

1. К вопросу организации дистанционного обучения / Ю.Ю. Рогожников // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии: (XXI Бенардосовские чтения): материалы Международной научно-технической конференции, 2-4 июня 2021 г., г. Иваново. – Иваново: ФГБОУВО "Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина". – 2021. – Т.1.
2. Методика проведения дистанционных учебных занятий в среде Adobe Connect / Е.Р. Пантелеев, Ю.Ю. Рогожников, Н.И. Дюповкин // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (XVIII Бенардосовские чтения), Международная научно-техническая конференция, 27-29 мая 2015 г., г. Иваново: материалы конференции. – Иваново: ФГБОУ ВПО Ивановский государственный энергетический университет. – 2015. – Т.3.

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

К ОЦЕНКЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ОСВЕЩЕННОСТИ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Современный человек существенную часть суток проводит в условиях искусственного освещения, не исключение и жилое помещение. Особенно важную роль искусственное освещение в жилых помещениях играет в осенне-зимний период при коротком световом дне.

Если на рабочем месте проводится периодический контроль условий труда, в том числе искусственного освещения, путём проведения специальной оценки условий труда, то в жилых помещениях население вольно устраивать освещение исходя из своих внутренних соображений, редко прибегая к чтению нормативной документации [1].

В работе в качестве типичной системы освещения был принят источник света (люстра), расположенный в центре жилого помещения (спальня, гостиная).

По результатам компьютерного моделирования были выявлены следующие особенности данного подхода к устройству освещения в жилых помещениях. Наличие тенденции к неравномерности горизонтальной освещённости помещения с уменьшением освещённости от центра помещения к углам; низкое значение средней освещённости, вследствие применения менее мощных источников света, светильников с меньшим числом ламп с целью экономии потребляемой электроэнергии.

Компьютерное моделирование проведено с помощью свободно распространяемой программы DIALux [2], разрабатываемой с 1994 года немецким институтом прикладной светотехники (DIAL GmbH).

По результатам работы можно рекомендовать производить оценочные расчёты освещённости перед установкой системы освещения, использовать бытовые люксометры, с целью оценки текущего состояния освещённости в жилом помещении, необходимость модернизации.

Библиографический список

- 1. Естественное и искусственное освещение** СП 52.13330.2016. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения: 09.22.2022)
- 2. DIALux Homepage.** URL: <https://www.dial.de/en/dialux-desktop/download/> (дата обращения: 09.02.2022).

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

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ЗВУКОВУЮ ОБСТАНОВКУ ЖИЛОЙ ЗОНЫ

Существенная мощность, применяемой в строительстве техники, высокая механизация технологических процессов определяют наличие существенного шумового загрязнения.

Методики расчета звуковых полей и методов защиты закреплены в нормативных документах ГОСТ 31295.2-2005 «Шум затухание звука при распространении на местности» СП 51.13330.2011 «Защита от шума». Одним из инструментов, реализовывающих данную методику, является программа Шум «ЭКО центр» [1].

В работе произведена оценка уровня шума при проведении строительных работ на улице Лежневской города Иваново вблизи домов №164Б, 166Б, а также дома №4 на улице Отдельная. Особенностью данных строительных работ является то, что стройка находится на расстоянии порядка десяти метров от ближайшего жилого дома и в непосредственной близости от придомовой территории.

В качестве типичных источников шума выбраны широко распространённые модели экскаватора и грузового автомобиля. Под экскаватором понимается модель ЕК-14, в котором источником шума является двигатель марки Д-245.2S2. В качестве грузового автомобиля подразумевается КАМАЗ 5320, источником шума которого является двигатель марки КамАЗ-740.10.

Результаты расчётов показывают, что работающее строительное оборудование вблизи жилых домов может быть и зачастую является причиной превышения допустимых уровней звука в жилых зонах.

Применение современного ПО позволяет учесть влияние строительных объектов на уровень шума в непосредственной близости от жилых зон еще до начала строительства и уменьшить воздействие шумового загрязнения на придомовую территорию.

Библиографический список

1. Официальный сайт программы Шум «Эко-центр». – URL: <http://ecoc.ru/products/noise> (дата обращения: 9.02.2022).
2. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 01.02.2022).

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

О ФОРМАЛИЗАЦИИ ОГРАНИЧЕНИЯ НА УЧЕТ ЭФФЕКТА СУММАЦИИ ГАЗОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ДОПУСТИМОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫБРОСОВ

В СанПиН 1.2.3685-21 [1] приведены условия для оценки допустимости выбросов газов, обладающих эффектом суммации воздействия, и указано, что «не обладают эффектом суммации 2-х, 3-х и 4-х компонентные смеси, включающие диоксид азота и (или) сероводород и входящие в состав атмосферного воздуха, если удельный вес концентраций одного из них, выраженный в долях максимальных разовых ПДК (ПДК_{м.р.і}), составляет: в 2-х компонентной смеси более 80 %; в 3-х компонентной - более 70 %; в 4-х компонентной - более 60 %».

Для математической оценки допустимости воздействия выбросов эти ограничения, предлагается записать следующими соотношениями:

для 2-х компонентной смеси

$$\frac{c_{м.1}}{ПДК_{м.р.1}} > 0,8 \cdot \left(\frac{c_{м.1}}{ПДК_{м.р.1}} + \frac{c_{м.2}}{ПДК_{м.р.2}} \right), \quad (1)$$

для 3-х компонентной смеси

$$\frac{c_{м.1}}{ПДК_{м.р.1}} > 0,7 \cdot \left(\frac{c_{м.1}}{ПДК_{м.р.1}} + \frac{c_{м.2}}{ПДК_{м.р.2}} + \frac{c_{м.3}}{ПДК_{м.р.3}} \right) \text{ и} \quad (2)$$

для 4-х компонентной смеси:

$$\frac{c_{м.1}}{ПДК_{м.р.1}} > 0,6 \cdot \left(\frac{c_{м.1}}{ПДК_{м.р.1}} + \frac{c_{м.2}}{ПДК_{м.р.2}} + \frac{c_{м.3}}{ПДК_{м.р.3}} + \frac{c_{м.4}}{ПДК_{м.р.4}} \right), \quad (3)$$

где $c_{м.1}$ – максимальная концентрация диоксида азота и (или) сероводорода, а $c_{м.2}$, $c_{м.3}$, $c_{м.4}$ – максимальные концентрации других газов, обладающих эффектом суммации.

В качестве примера запишем условие допустимости воздействия двух газов NO_2 ($c_{н.1}$) и SO_2 ($c_{н.2}$) [1, 2] с учетом (1)

$$\frac{c_{н.1}}{ПДК_{н.р.1}} + \frac{c_{н.2}}{ПДК_{н.р.2}} \leq 1,6 \wedge \frac{c_{н.1}}{ПДК_{н.р.1}} \leq 0,8 \cdot \left(\frac{c_{н.1}}{ПДК_{н.р.1}} + \frac{c_{н.2}}{ПДК_{н.р.2}} \right) \wedge c_{н.1} \leq ПДК_{н.р.1} \wedge c_{н.2} \leq ПДК_{н.р.2} \quad (4)$$

Библиографический список

1. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 09.11.2021)
2. Соколов А.К. Анализ условия частичной суммации вредного воздействия газов SO_2 и NO_2 при нормировании выбросов. Теплоэнергетика, 2017, № 12, с. 78-81.

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

АНАЛИЗ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РЕМОНТЕ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В ФИЛИАЛЕ ПАО МРСК ЦЕНТРА И ПРИВОЛЖЬЯ – «ИВЭНЕРГО» Г. ИВАНОВО

Правила по охране труда при работе на высоте [1] устанавливают государственные нормативные требования по охране труда и регулируют порядок действий работодателя и работника при организации и проведении работ на высоте.

К работам на высоте относятся работы, при которых существуют риски, связанные с возможным падением работника с высоты 1,8 м и более, либо существуют риски, связанные с возможным падением с высоты менее 1,8 м, если работа проводится над машинами или механизмами, поверхностью жидкости или сыпучих мелкодисперсных материалов, выступающими предметами.

Основным опасным производственным фактором при работе на высоте является расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола), связанное с этим возможное падение работника или падение предметов на работника.

Анализ условий выполнения работ по ремонту воздушных линий электропередач показал, что падение работника с высоты может возникать вследствие отсутствия ограждений, предохранительных поясов, недостаточной прочности и устойчивости лесов, настилов, люлек, лестниц, неправильной технологии ведения работ, нарушения координации движений, неосторожных действий, неблагоприятных метеоусловий.

Падение предметов на работника возникает из-за падения груза, перемещаемого грузоподъемными машинами, аварии строительных конструкций вследствие проектных ошибок, нарушения технологии изготовления сборных конструкций, низкого качества строительного-монтажных работ, неправильной эксплуатации, падения материалов, элементов конструкций, оснастки, инструмента вследствие нарушения требований безопасности.

Работодатель должен обеспечить реализацию мер по снижению установленных уровней профессиональных рисков, связанных с возможным падением работника.

Библиографический список

1. Приказ Минтруда России от 16.11.2020 N 782н "Об утверждении Правил по охране труда при работе на высоте".

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

ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА В ЦЕХЕ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Производство навесного оборудования на машиностроительном предприятии осуществляется в цехе по производству металлоконструкций. В цехе выполняются следующие работы: заготовка изделий, обработка, сборка, покрытие и маркировка и др. При этом применяется сложное технологическое оборудование.

Актуальной задачей безопасности является создание и поддержание условий труда, отвечающих требованиям сохранения жизни и здоровья рабочих в процессе трудовой деятельности.

Новая редакция «Трудового кодекса Российской Федерации» [1], вступающая в силу с 01.03.22 предусматривает следующее: «Работодатель обязан создать безопасные условия труда исходя из комплексной оценки технического и организационного уровня рабочего места, а также исходя из оценки факторов производственной среды и трудового процесса, которые могут привести к нанесению вреда здоровью работников». Кроме того, «машины, механизмы и другое производственное оборудование, транспортные средства, технологические процессы, материалы и химические вещества, средства индивидуальной и коллективной защиты работников, в том числе иностранного производства, должны соответствовать государственным нормативным требованиям охраны труда и иметь обязательное подтверждение соответствия в случаях, установленных законодательством Российской Федерации о техническом регулировании».

С 01.03.22 вступают в силу, утверждённые Минтрудом РФ, рекомендации по классификации, обнаружению, распознаванию и описанию опасностей [2].

Задача, выбранная для прикладного исследования, заключается в приложении положений нового документа по обнаружению, распознаванию и описанию опасностей к условиям цеха по производству металлоконструкций.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. с изм. №311-ФЗ от 02.07.2021) «Трудовой кодекс Российской Федерации» [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения: 08.02.2022).
2. Приказ Минтруда России от 31.01.2022 №36 «Об утверждении Рекомендации по классификации, обнаружению, распознаванию и описанию опасностей» // СПС КонсультантПлюс. – URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=403783&dst=101469#ЕjкpTxS6ZhvgZAAВ1> (дата обращения: 08.02.2022).

*К.М. Дудина, студ.; рук. Ю.Ю. Рогожников, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Надёжные способы прогнозирования времени возникновения землетрясений, на сегодняшний день, отсутствуют [1]. Существующие методики позволяют оценить последствия землетрясения. Приводится исследование методики оценки обстановки и степени разрушений на расстоянии от эпицентра землетрясения [2]. Исходными данными для расчета принимаются следующие параметры: расстояние от эпицентра землетрясения ($R=50$ км); максимальная интенсивность в эпицентре землетрясения ($J_0=6$ баллов); глубина гипоцентра ($H=30$ м/с).

Методика расчета включает определение магнитуды (M); интенсивности землетрясения на расстоянии (J_R); реальной интенсивности (J^*), времени наступления первой фазы землетрясения (t_I), времени наступления главной фазы землетрясения (t_{II}) и оценку последствий землетрясения [2].

Рассчитанные по исследуемой методике [2] параметры, принимают следующие значения:

$$M = (3,5 \cdot \lg H - 3 + J_0) / 1,5 = (3,5 \cdot \lg 30 - 3 + 6) / 1,5 = 5,5 \text{ бал.};$$

$$J_R = 1,5 \cdot M - 3,5 \cdot \lg \sqrt{R^2 + H^2} + 3 = 1,5 \cdot 5,5 - 3,5 \cdot \lg \sqrt{50^2 + 30^2} + 3 = 5 \text{ бал.};$$

$J^*=6$ баллов (при расчете учитываются приращения балльности для грунта, на котором построено здание и для окружающей местности);

$$t_I = 10 \text{ с и } t_{II} = 5,50 \text{ с.}$$

Необходимые значения средних скоростей распространения продольных ($v_{пр}$, км/с) и поверхностных сейсмических волн ($v_{пов}$, км/с) определяются по справочным данным [2].

На основании рассчитанных значений можно спрогнозировать, что здания на расстоянии 50 км от эпицентра получат слабые повреждения (трещины, разрушение остекления), толчки будут ощущаться через 10 с. При первых толчках необходимо немедленно покинуть здание.

Библиографический список

1. О прогнозировании чрезвычайных ситуаций / Ю.Ю. Рогожников // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (Бенардосовские чтения): сб. науч. трудов по материалам Международной (XX Всероссийской) научно-технической конференции, 29-31 мая 2019 г., г. Иваново. – Иваново: ФГБОУВО "Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина". – 2019. – Т.1.
2. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного характера: сост.: Б.А. Храмов, Т.Г. Болотских, А.М. Юрьев. Методические указания. – Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2006.

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

ПРИМЕНЕНИЕ ПИТЧИНГА ДЛЯ МОТИВАЦИИ СОБЛЮДЕНИЯ РАБОТНИКАМИ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Безопасность работника в производственных условиях зависит не только от наличия правил и требований безопасности труда, но и в значительной степени от отношения работника к их соблюдению. Классический подход в этом вопросе заключался в следующем: успехи поощрялись, промахи карались. Но современные подходы все чаще основываются на формах мотивации, которые не формируют страх работника быть уличенным в нарушении, а побуждают его взаимодействовать с руководством и совместными усилиями повышать культуру охраны труда на производстве.

Основная цель специалистов по охране труда предприятия — разработать эффективные мероприятия, обеспечивающие безопасные условия работы для сотрудников. Но эффект от их деятельности невозможен без вовлечения и заинтересованности самого сотрудника.

Для реализации этих целей в настоящее время рассматривается использование питчинга как эффективной технологии контакта по безопасности. Основа питчинга заключается в следующем. Это рассказ о важном событии, которое человек пропустил через свои эмоции и хочет поделиться этим. При подаче такой информации очень важно, чтобы она шла «от души», из собственных переживаний. Также важно, когда в диалог человек сам разрабатывает мероприятия, которые позволят предотвратить опасную ситуацию, если она еще раз возникнет. При этом необходимо не просто описать событие, и почему оно потрясло, а как таких опасных ситуаций можно избежать, фокусируя внимание на значимости вопросов безопасности.

Питчинг реализуется, в том числе, и через использование цифровых инструментов. Создаваемое при этом информационное поле формирует культуру отношения к безопасности.

Библиографический список

1. Как говорить об охране труда: питчинг как эффективная технология общения – [Электронный ресурс] – URL: <https://e.otpb.com.ru/okhrana-truda-i-pozharnaya-bezopasnost-2021-12/kak-govorit-ob-okhrane-truda-pitching-kak> (дата обращения: 08.02.2022)
2. Как мотивировать работника следовать безопасности? – [Электронный ресурс] – URL: <https://journal.ecostandardgroup.ru/ot/skills/kak-motivirovat-rabotnika-sledovat-bezopasnosti-praktika-rossiyskikh-kompaniy> (дата обращения: 08.02.2022)

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

ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА В ЦЕХЕ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ОСЕЙ, ПАЛЬЦЕВ, ВТУЛОК

Производство оборудования на промышленном предприятии подкреплено изготовлением комплектующих деталей в цехе по производству осей, пальцев, втулок. При изготовлении применяется сложное станочное, термическое и другое оборудование. При этом создание и поддержание условий труда, отвечающих требованиям сохранения жизни и здоровья рабочих в процессе трудовой деятельности, является актуальной задачей.

Новая редакция «Трудового кодекса Российской Федерации» [1], вступающая в силу с 01.03.22 предусматривает следующее: «Машины, механизмы и другое производственное оборудование, транспортные средства, технологические процессы, материалы и химические вещества, средства индивидуальной и коллективной защиты работников, в том числе иностранного производства, должны соответствовать государственным нормативным требованиям охраны труда и иметь обязательное подтверждение соответствия в случаях, установленных законодательством Российской Федерации о техническом регулировании». Кроме того, «работодатель обязан создать безопасные условия труда исходя из комплексной оценки технического и организационного уровня рабочего места, а также исходя из оценки факторов производственной среды и трудового процесса, которые могут привести к нанесению вреда здоровью работников».

Рекомендации [2] по классификации, обнаружению, распознаванию и описанию опасностей вступают в силу с 01.03.22.

Задача, выбранная для прикладного исследования, заключается в приложении положений нового документа по обнаружению, распознаванию и описанию опасностей к условиям цеха по производству осей пальцев втулок.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. с изм. №311-ФЗ от 02.07.2021) «Трудовой кодекс Российской Федерации» [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс. –URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения: 08.02.2022).
2. Приказ Минтруда России от 31.01.2022 №36 «Об утверждении Рекомендации по классификации, обнаружению, распознаванию и описанию опасностей»// СПС КонсультантПлюс. – URL:<http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=403783&dst=101469#EjpkTxS6ZhvgZAAB1> (дата обращения: 08.02.2022).

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

КОНЦЕПЦИЯ «БЕЗОПАСНОСТЬ II» КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РАЗВИТИЯ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Можно ли создать абсолютно безопасное рабочее место? И что будет наиболее информативным при разработке систем управления рисками на предприятии: несчастные случаи или рабочие процессы, которые протекают без отклонений от номинального режима?

Концепция «Безопасность II» [1] дает однозначный ответ: из 1000 рабочих ситуаций, в которых только один раз произошел сбой, нужно анализировать остальные 999, в которых сбоя не было.

Впервые концепция «Безопасность II» презентована в начале 2000 г. австралийскими специалистами, которые успешно реализовали ее на предприятиях авиапромышленности.

Концепция «Безопасность II» анализирует внештатные ситуации, которые реализованы удачно. Их в разы больше, чем неудачных, соответственно, для совершенствования системы охраны труда такая схема действий оказывается более результативной.

Для применения концепции «Безопасность II» на предприятии требуется специалист, который знает и понимает, с какими трудностями ежедневно сталкиваются работники, умеет говорить с ними на одном языке, и, как правило, имеет полномочия на устранение причин нарушения требований безопасности.

Таким человеком может быть, например, руководитель среднего звена управления, который владеет навыками убеждения, имеет авторитет и качества лидера, компетентен в вопросах безопасности, умеет преодолевать возможное сопротивление и непонимание со стороны работников при необходимости применения мер безопасности.

Успех реализации концепции «Безопасность II» напрямую зависит от инициативы, которая должна исходить от всех работников: руководителя предприятия, специалистов по охране труда, начальников цехов и подразделений.

Библиографический список

1. Концепция «Безопасность II»: новый подход к созданию системы управления рисками в «Сегежа групп» – [Электронный ресурс] – URL: <https://journal.ecostandardgroup.ru/ot/opinion/kontseptsiya-bezopasnost-ii-novyuy-podkhod-k-sozdaniyu-sistemy-upravleniya-riskami-v-segezha-grupp/> (дата обращения: 08.02.2022)

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

РАСЧЕТ БАЛЛЬНОСТИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ПОСЛЕДСТВИЙ

Для оценки последствий землетрясения на территории города необходимо определить максимально возможную балльность землетрясения. Расчеты [1] выполняются как для случаев, когда изосейсты построены с учётом данных по микрорайонированию (вариант 1), так и без учёта данных по микрорайонированию (вариант 2). Рассматривалось многоэтажное жилое кирпичное здание с железобетонными перекрытиями.

При расчете по формулам [1] для 1-го варианта было определено, что здание находится в 7-ми балльной зоне:

$$Z = 0,5(R_1 + R_2) = 0,5(2000 + 1000) = 1500 \text{ м,}$$

где Z – ширина зоны средней балльности, R_1 и R_2 – расстояния между изосейстами.

Для учёта данных по микрорайонированию требуются инженерно-геологические условия месторасположения здания и окружающей местности. Было учтено, что здание построено на насыпных грунтах, а окружающий грунт – песок. При расчете по формулам [1] для 2-го варианта было определено, что здание находится в 8-ми балльной зоне:

$$I = I_B - (\Delta I_B - \Delta I) = 7 - (1,6 - 2,6) = 8 \text{ баллов,}$$

где I – искомая балльность, I_B – балльность базисной изосейсты, ΔI_B – приращение балльности в известных инженерно-геологических условиях по сравнению с гранитом, ΔI – приращение балльности по сравнению с гранитом за счет изменения инженерно-геологических условий местности, по которой проходят недостающие изосейсты или, где находятся конкретные здания или сооружения. Величины ΔI_B и ΔI определяются по таблице [1].

В зависимости от типа здания и балльности зон прогнозируется степень разрушения рассматриваемого здания. Таким образом, на основании полученных расчетов можно сформулировать, что жилое кирпичное с железобетонными перекрытиями многоэтажное здание получит сильное разрушение, а с учетом данных по сейсмическому микрорайонированию здание будет полностью разрушено.

Библиографический список

1. Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий в РСЧС: сост.: В.Ф. Митрофанов, А.Н. Елохин, С.В. Ульянов, С.П. Коряжкин, А.Л. Губин. – Москва: ВНИИ ГОЧС.

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

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ОЦЕНКИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА

В докладе приведены результаты сравнительного анализа наиболее распространенных методик оценки профессионального риска, а именно: методики, используемой в ПАО «Газпром», госкорпорации «Росатом» и методики, разработанной в Клинском НИИ охраны труда. Указаны как достоинства, так и недостатки, с нашей точки зрения, каждой методики.

Достоинствами первых двух методик является учет всех имевшихся в обеих компаниях происшествий и ситуаций, приводивших к отклонению условий труда на рабочих местах от государственных нормативных требований. При учете неблагоприятных происшествий принимались во внимание их частота и тяжесть последствий, а также устанавливались причины, приводившие к ним. Существенным недостатком обеих методик является то обстоятельство, что профессиональный риск (ПР) оценивается по уже происшедшим неблагоприятным событиям и не позволяет предвидеть их в будущем.

Методика Клинского НИИ охраны труда [1] весьма подробно учитывает влияние на ПР условий труда данного рабочего места, стаж работы во вредных условиях, возраст и состояние здоровья работников, позволяет корректно учесть результаты периодических медицинских осмотров. С этой точки зрения это – методика оценки индивидуального профессионального риска, по крайней мере, его весьма значимой составляющей. Существенным недостатком этой методики является полное отсутствие учета состояния оборудования, инструментов и приспособлений на ПР. С нашей точки зрения, если «клинскую» методику дополнить учетом этих составляющих ПР, то мы получим весьма полное и корректно оцениваемое представление о профессиональном риске на данном рабочем месте.

Библиографический список

1. **Н.А. Симонова.** Оценка индивидуального профессионального риска [Электронный ресурс] – URL: <https://www.kiout.ru/info/publish/22928> (дата обращения: __.__.2022)

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

ОЦЕНКА РАСХОДОВ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

Методики оценки рисков отражены в целом ряде нормативных документов, рекомендуемых для прогнозирования последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) [1]. Существующие методики [2] позволяют определить расходы, связанные с ликвидацией и локализацией ЧС.

Затраты на локализацию, ликвидацию и расследование аварии ($P_{\text{ЛА}}$) складываются из расходов, связанных с локализацией и ликвидацией последствий аварии ($P_{\text{Л}}$) и расходов на расследование аварии ($P_{\text{Р}}$). В свою очередь, расходы, связанные с ликвидацией и локализацией аварии включают в себя следующие затраты:

- на проведение поисковых работ в зонах ЧС;
- на проведение аварийно-спасательных работ в зонах ЧС;
- текущие затраты на ликвидацию последствий ЧС;
- затраты на развертывание и содержание временных пунктов размещения и питания персонала и населения, эвакуируемых в безопасные районы, на протяжении необходимого срока;
- затраты на закупку, доставку и кратковременное хранение материальных ресурсов для первоочередного жизнеобеспечения пострадавшего персонала и населения;
- возмещение расходов, связанных с привлечением сил и средств РСЧС, а также сторонних организаций для проведения экстренных мероприятий по ликвидации ЧС;
- капитальные вложения, направляемые на ликвидацию последствий чрезвычайной ситуации.

При подсчёте расходов на мероприятия, связанных с расследованием аварии могут приниматься во внимание рекомендации [3].

Библиографический список

1. О прогнозировании чрезвычайных ситуаций / Ю.Ю. Рогожников // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (Бенардосовские чтения): сб. науч. трудов по материалам Международной (XX Всероссийской) научно-технической конференции, 29-31 мая 2019 г., г. Иваново. – Иваново: ФГБОУВО "Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина". – 2019. – Т.1.
2. Методика фин. рез. ПОО 05 09г. Методические рекомендации по созданию резервов финансовых ресурсов организаций для ликвидации чрезвычайных ситуаций: сост. под рук. И.Ю. Евстафьева.
3. РД 03-496-02. Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ПАВОДКА

Возможность надежного прогнозирования начала чрезвычайной ситуации (ЧС) существует для наводнений [1]. Приводится исследование методики определения последствий ущерба после паводка [2]. Исходными данными для расчета принимаются следующие параметры: ширина реки ($b_0=100$ м); глубина ($h_0=2,5$ м); скорость течения ($v_0=1$ м/с); угол наклона береговой черты ($\alpha=\beta=4,5^\circ$); интенсивность осадков ($J=50$ мм/ч); площадь выпадения осадков ($F=150$ км²); высота места ($h_M=2$ м); русло реки ($M=2$).

Методика расчета включает определение расхода воды до (Q_0) и после (Q_{max}) выпадения осадков, высоты подъема воды в реке (h), ширины затопляемой территории ($L_{П}$), максимальных скоростей потока в русле реки при паводке (v_{max}) и потока затопления (v_3), а также оценку поражающего действия паводка [2].

Перечисленные параметры, рассчитанные по исследуемой методике [2], принимают следующие значения:

$$Q_0 = \frac{1}{2} h_0 \cdot b_0 \cdot v_0 = \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot 100 \cdot 1 = 125 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{max} = \frac{J \cdot F}{3,6} + Q_0 = \frac{50 \cdot 150}{3,6} + 125 = 2208 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$h=4,85 \text{ м}; \quad L_{П}=70 \text{ м}; \quad v_{max}=2,1 \text{ м/с}; \quad v_3=2 \text{ м/с}.$$

Поражающие действия паводка оцениваются по табличным данным [2]. В частности, при рассчитанных значениях параметров можно спрогнозировать средние повреждения кирпичных домов и пирса, сборные дома будут разрушены полностью.

Таким образом, для уменьшения потерь и предотвращения ущерба от паводков необходимо поставить дамбу высотой 2,5-3 м на берегу реки.

Библиографический список

1. О прогнозировании чрезвычайных ситуаций / Ю.Ю. Рогожников // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (Бенардосовские чтения): сб. науч. трудов по материалам Международной (XX Всероссийской) научно-технической конференции, 29-31 мая 2019 г., г. Иваново. – Иваново: ФГБОУВО "Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина". – 2019. – Т.1.
2. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного характера: сост.: Б.А. Храмцов, Т.Г. Болотских, А.М. Юрьев. Методические указания. – Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2006.

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

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИТРАТОВ ВО ВНЕСЕЗОННЫХ ОВОЩАХ

Нитраты — это соли азотной кислоты, которые накапливаются в продуктах и воде при избыточном содержании в почве азотных удобрений. Нитраты попадают в организм человека с продуктами питания, питьевой водой и лекарственными препаратами. Считается, что не стоит употреблять в пищу внесезонные тепличные овощи и фрукты, т.к. употребление их в большом количестве может привести к опасному для жизни отравлению из-за большой концентрации нитратов. Мы решили проверить, какие из овощей и некоторых других продуктов питания действительно опасны для употребления вне сезона.

Для определения содержания нитратов был использован фотометрический метод (ГОСТ 33045-2014), основанный на способности аммиака и ионов аммония взаимодействовать с реактивом Несслера с образованием окрашенного в желто-коричневый цвет соединения с последующим фотометрическим определением и расчетом массовой концентрации определяемых компонентов в пробе исследуемой воды.

Работа поделена на 3 части. В первой части объектами исследования стали овощи ранней весной, а именно: огурцы, салаты, капуста, а еще клубника. Во второй части были исследованы на наличие нитратов арбузы и дыни ранней весной и поздней осенью. В третьей части работы исследованы томатные соки ранней весной.

В результате исследований было установлено, что употребление арбузов и дынь поздней осенью и ранней весной может быть наиболее опасным, так как в эти периоды выявлено превышение содержания нитратов в сравнении с предельно допустимыми концентрациями. Употребление овощей, рассмотренных в первой части, а также соков, рассмотренных в третьей части, безопасно, поскольку содержание нитратов ни в одном из опытных образцов не превысило предельно допустимую концентрацию.

Библиографический список

1. Селезнёв К.А. Аналитическая химия, М.: Высшая школа, 1973.- 248 с.
2. ГОСТ 29270-95 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов».
3. **Постановление** главного государственного санитарного врача РФ N 36 «О введении в действие санитарных правил» от 14 ноября 2001 г.
4. **Нормы** ПДК нитратов. – URL: https://soeks.ru/informaciya/normy_pdk (дата обр. 01.02.2022)

К.О. Пономарев, к.т.н. (ТюмГУ, г. Тюмень);

А.С. Свириденко, маг. (ТПУ, г. Томск);

рук. А.О. Жданова, к.т.н. (ТПУ, г. Томск)

О ТУШЕНИИ ЛЕСНОГО ГОРЮЧЕГО МАТЕРИАЛА РАСТВОРОМ АНТИПИРЕНА

Известно [1], что в настоящее время Китай сокращает объемы производства фосфора и экспорт антипиренов. Поэтому компания «Новохим» совместно с Томскими специалистами разработала Технологию импортозамещения антипиренов. Поставкой этих веществ уже заинтересованы в Тюмени и Гродно (Белоруссия). Низкая стоимость и высокое качество отечественной разработки (по сравнению с китайскими аналогами) вызывает научно-практический интерес к актуальной проблеме пожаротушения огнетушащими составами на основе антипиренов [2].

В работе представлена оценка оптимальных условий и характеристик распыления жидкостных составов (воды и раствора антипирена) для снижения температуры в зоне горения типичных горючих материалов (древесины; смеси листвы, хвои и веточек).

Минимальный объем огнетушащего состава на основе антипирена, необходимый для тушения 30 г лесного горючего материала, составляет $V_{\text{fec}} = 0,65$ мл. Выдвинута гипотеза о том, что чем крупнее при тушении очага пожара капли раствора антипирена (5 % об.), тем больше огнетушащего состава достигает горючего материала. Огнетушащий состав обволакивает большую площадь поверхности горючего материала, и эффективность действия антипирена повышается. Однако стоит отметить, что наличие красного фосфора в антипирене потенциально опасно для окружающей среды, поэтому его применение может быть ограничено.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-00030, <https://rscf.ru/project/21-79-00030/>.

Библиографический список

1. «Новохим» назвал сроки открытия завода антипиренов [Электронный ресурс] / URL: <https://ogneportal.ru/news/20032> (дата обращения: 21.01.2022).
2. Жданова А.О., Копылов Н.П., Кропотова С.С., Кузнецов Г.В., Стрижак П.А. Экспериментальное определение необходимого и достаточного объема жидкости в заградительной полосе при тушении конденсированных горючих веществ // материалы XXXIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году науки и технологий «Актуальные проблемы пожарной безопасности», 2021. С. 387-395.

СЕКЦИЯ 12
МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ

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

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

*А.А. Блохин, студ.; А.М. Самойлов, маг.; А.А. Сатаев, асп.;
рук. В.В. Андреев д.т.н., профессор
(НГТУ им. Р.Е.Алексеева, г. Нижний Новгород)*

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК КОНТУРА ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ SIMINTECH

С развитием цифровых технологий использование цифровых двойников в изучение теплогидравлических процессов и проектирование нового оборудования ядерной паропроизводящей установки (ЯППУ) становится более доступным инструментом в руках ученых и инженеров. Он позволяет проводить эксперименты в модельном времени с заданной точностью и коэффициентом ускорения реального времени. Цифровой двойник является виртуальной математической моделью, которая самостоятельно моделирует теплофизические процессы и может работать в ситуациях отличных от тех, которые были отработаны на реальной экспериментальной установке.

Как говорилось выше, цифровой двойник позволяет проводить эксперименты с большей скоростью, чем в реальной жизни. Данный факт обеспечивает наработку расширенной базы данных результатов с различными внешними и внутренними воздействиями на систему, что необходимо для прогноза поведения новой установки в разных ситуациях эксплуатации.

Естественная циркуляция (ЕЦ) является одной из пассивных систем безопасности ядерной энергетической установки (ЯЭУ). Она обеспечивает надежное отведение остаточных тепловыделений в активной зоне при выходе из строя всех главных циркуляционных насосов первого контура.

Важной целью при расчете ЕЦ является определение массового расхода, а также связанных с этим параметром характеристик. Для нахождения нужного решения необходимо решить сложную систему уравнений. Полученный результат может отличаться от действительности, что делает эксперимент первым в вопросах изучения ЕЦ.

Мы создали и верифицировали виртуальную математическую модель натурной экспериментальной установки. Для этого была проведена её декомпозиция на более простые составляющие, а также вычислены параметры граничных условий.

Полученные результаты планируется использовать для наработки базы данных, которая позволит прогнозировать устойчивость ЕЦ при различных факторах воздействия.

*П.А. Брызгунов, асп.; А. Буканев, студ.;
рук. С.К. Осипов, к.т.н. (НИУ «МЭИ», г. Москва)*

ВЕРИФИКАЦИЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЙ В ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В настоящее время программное обеспечение для численного моделирования процессов гидрогазодинамики (Ansys, Comsol и др.) достигли высокого уровня развития и практически повсеместно применяются на предприятиях энергомашиностроения при проектировании нового оборудования. Вместе с тем, высокое многообразие параметров для настройки параметров расчета ставит перед специалистами задачу по выбору оптимальных настроек граничных условий, сетки и решателя.

В настоящей работе проведено исследование влияния безразмерной высоты первой призматической ячейки y^+ и числа Рейнольдса Re на точность моделирования течений применительно к типовым каналам энергетического оборудования (рис. 1). При этом в качестве контрольного параметра был выбран коэффициент потерь давления ζ , а в качестве эталона принимались экспериментальные данные [1].

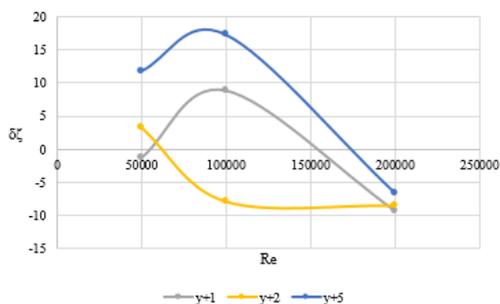


Рис. 1. Зависимость изменения коэффициента потерь диффузора от Re при различных y^+

Библиографический список

1. И. Е. Идельчик. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, 1922. – 672 с.

*Л.К. Викал, студ.;
рук. В.И. Парфенюк, д.х.н., проф.; С.М. Кузьмин, к.х.н., доц.
(ИХР РАН, ИГЭУ, г. Иваново)*

КОМПОЗИТЫ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСОВ ПОРФИНА ДЛЯ ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ КИСЛОРОДА

В работе представлены результаты исследований по электрохимическому осаждению полипорфириновых пленок [1] на основе металлокомплексов: $Mn(III)Cl$ -тетраметезо-(3-аминофенил)порфирина ($Mn(III)ClT(3-NH_2Ph)P$) и $Fe(III)ClT$ -тетраметезо-(3-аминофенил)порфирина ($Fe(III)ClT(3-NH_2Ph)P$). Электрокаталитическую активность полученных материалов на основе индивидуальных порфиринов и композитов испытывали в процессе электровосстановления молекулярного кислорода в 0.1 М КОН.

На циклической вольтамперограмме (ЦВА) процесса осаждения композита (рис. 1) наблюдаются особенности, характерные для индивидуальных порфиринов и появляется новый пик тока на катодной ветви.

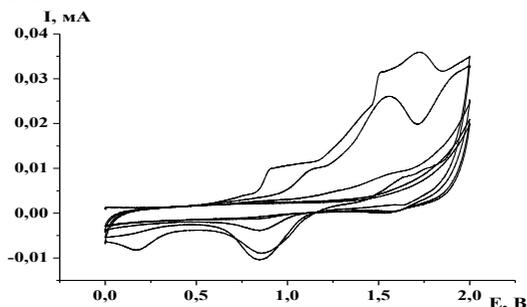


Рис. 1. ЦВА электроосаждения композита на основе $Mn(III)ClT(3-NH_2Ph)P$ и $Fe(III)ClT(3-NH_2Ph)P$ из раствора в дихлорметане.

Полученные полипорфирины исследовали на каталитическую активность в реакции электровосстановления кислорода. Наибольшая каталитическая активность наблюдалась для композита на основе двух металлокомплексов по сравнению с пленками индивидуальных порфиринов, что позволяет говорить о присутствии синергетического эффекта.

Библиографический список

1. Чуловская С.А., Кузьмин С.М., Парфенюк В.И. Макрогетероциклы. 2015. Т. 8. № 3. С. 259-265

С.А. Гаврилов, Д.А. Крюков, студ.; Г.А. Шмелева, к.п.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ И ВРЕМЕННОЙ КОГЕРЕНТНОСТИ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ПО ОПТИКЕ

В лабораторном практикуме по оптике опыт Юнга дает возможность не только рассмотреть основные положения теории интерференции на практике, но также решить новые задачи и получить новые результаты.

Цель настоящей работы: рассчитать пространственную и временную когерентность в опыте Юнга (рис.1), что позволит ответить на вопросы о ширине интерференционной полосы и о количестве полос на дифракционной картине.

Когерентность – это согласованное протекание во времени и пространстве двух или нескольких волновых процессов. Выполнение когерентности волн гарантирует получение интерференционной картины с достаточно хорошей видимостью полос. Есть два типа нарушения когерентности – пространственное и временное. Для получения устойчивой интерференционной картины необходимо выполнение двух условий: длина когерентности $\ell_{кр}$ превышает оптическую разность хода Δ складываемых колебаний (временная когерентность), ширина когерентности $h_{кр}$ превышает расстояние d между щелями (пространственная когерентность).

Длина когерентности $l_{кр} = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$ есть максимальное расстояние вдоль пучка, при котором колебания можно считать когерентными или расстояние между точками, разность фаз в которых π .

Ширина когерентности $h_{кр} = \frac{\lambda}{\varphi}$ – это расстояние между источниками в направлении, перпендикулярном направлению распространения волны, при котором источники когерентны (рис.2). Для ширины интерференционной полосы $\Delta x = \frac{\lambda}{\varphi}$.



Рис. 1. Определение ширины интерференционной полосы

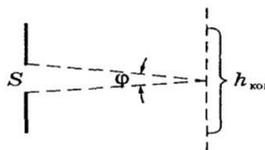


Рис. 2. Условие пространственной когерентности

В.С. Голдовский, студ.; рук. Н.И. Перов, к.ф.-м.н., доц. (ГАУК ЯО «Центр имени В.В. Терешковой», г. Ярославль)

ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНЫХ МАСС ЗВЕЗД РАЗНЫХ ТИПОВ

Предметом изучения в научной работе является – определение экстремальных значений масс звезд: нормальных, белых карликов, нейтронных, черных дыр. Актуальность данной темы будет связана с фундаментальными проблемами астрофизики – познанием границ мира, в котором мы живем, расширением наших знаний о небесных телах и поиск новых, более доступных методов описания предельных масс звезд и условий их существования [1-5].

Астрономические наблюдения показывают, что массы звезд заключены в интервале от $0.1 M_{\odot}$ до $150 M_{\odot}$ [2-3], но методы решения основаны на исследованиях теоретических моделей звезд, знаниях, полученных из учебной литературы и решении соответствующих уравнений физики.

В случае нормальных звезд при равенстве давления, обусловленного силами гравитации, и давления водорода, при температуре $T=10000\text{K}$, радиусе $R=25R_{\odot}$ и с учетом выражения для эддингтоновской светимости, для предельной массы $M_{\text{норм}}$ такой звезды получим $M_{\text{норм}}=2160 M_{\odot}$. Найденное значение на порядок превышает массу известных звезд [3].

Для белых карликов ($M_{\text{БК}}$), учитывая равенство давлений электронного газа и гравитационного давления, найдем их предельную массу $M_{\text{БК}}=1.86 M_{\odot}$. Это значение несколько превышает предел Чандрасекхара ($1.44 \cdot M_{\odot}$) [4].

Предельную массу $M_{\text{нейтр}}$ нейтронной звезды найдем, приравнявая среднее расстояния между нейтронами в нейтронной звезде удвоенной длине волны Комптона для нейтронов. Далее по найденному радиусу звезды, с учетом равенства центростремительного ускорения на поверхности звезды и гравитационного ускорения, определим искомую массу нейтронной звезды $M_{\text{нейтр}}=3.24 M_{\odot}$. Полученная масса хорошо соответствует общепринятому значению $3 M_{\odot}$ и так же выражается через мировые константы, как и предельная масса белых карликов [1-2].

Значимость и итоги работы заключается в том, что в работе получены численные оценки предельных масс звезд на основе уравнений физики, приближенно соответствующие результатам других авторов.

Библиографический список

1. Попов С. Суперобъекты: Звезды размером с город / Сергей Попов; – М.: Альпина нон-фикшн, 2016. – 238 с.: ил. – (Серия «Библиотека ПостНауки»).
2. Сурдин В. Г. Вселенная от А до Я. – М.: Эксмо, 2012. – 480 с.
3. Сурдин В.Г. Звезды / ред.-сост. В.Г. Сурдин – Изд. 3-е испр. и доп.– М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 428 с. – (Астрономия и астрофизика).
4. Chandrasekhar, S. (1931). The Maximum Mass of Ideal White Dwarfs. *Astrophysical Journal*. vol. 74. P. 81–82, July 1931.
5. Eddington, A. S. (1940). The physics of white dwarf matter. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. vol.100. P. 582–594.

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

ИЗУЧЕНИЕ СИЛ ТРЕНИЯ

Одна из первых тем классической физики – силы трения. При изучении данной темы большое внимание уделяется таким физическим величинам как сила трения покоя и сила трения скольжения. При решении задач максимальное значение силы трения покоя принимается приблизительно равной силе трения скольжения, т.к. совсем немного превышает её. Действительно ли это так? Насколько близки эти значения в разных ситуациях? Возможны ли ситуации, когда максимальная сила трения покоя будет существенно больше силы трения скольжения? Сравнение численных значений максимальной силы трения покоя и силы трения скольжения, полученных экспериментальным путем может дать ответ на эти вопросы.

Нами было проведена серия экспериментов по измерению численных значений максимальной силы трения покоя и силы трения скольжения с брусками разной массы, покоящихся и равномерно перемещающихся по различным горизонтальным и наклонным поверхностям. Результат одного из экспериментов показан на графиках рисунка 1, из которого следует, что значение максимальной силы трения покоя более чем в два раза превышает значение силы трения скольжения во всех экспериментах данной серии.

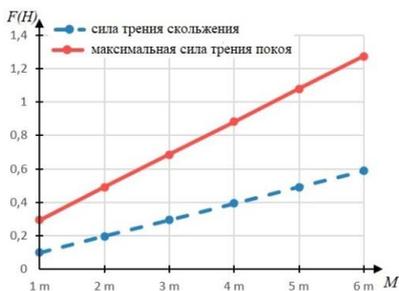


Рис. 1. График зависимости максимальной силы трения покоя и силы трения скольжения от массы деревянных брусков, равномерно движущихся по горизонтальной деревянной поверхности (m – масса одного бруска)

Данная работа будет интересна всем, кто интересуется физикой. Её методику проведения также можно рекомендовать для использования в качестве лабораторной работы в процессе изучения курса физики.

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

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК НА ЭЛЕКТРОДАХ С РАЗНЫМ ТИПОМ ПРОВОДИМОСТИ

Электрохимические методы позволяют сформировать на проводящих подложках различные надмолекулярные структуры, включая полимерные полупроводниковые материалы. Материалы на основе порфиринов представляют интерес для применения в качестве активного слоя сенсоров, катализаторов, оптоэлектронных устройств.

В настоящей работе изучено электрохимическое поведение 5,10,15,20-тетраakis(3-аминофенил)порфирина ($H_2T(3-NH_2Ph)P$) на электродах различной природы: стеклоглереде (металлический тип проводимости) и оксиде индия-олова (ITO, оптически прозрачный полупроводник n-типа). Исследованы процессы формирования тонких пленок $H_2T(3-NH_2Ph)P$ в диметилсульфоксиде (ДМСО) при иницировании процесса супероксид анион-радикалом [1]. Показано влияние природы рабочего электрода на электрохимические отклики (рис. 1) в процессе формирования полимерного полупроводникового материала, кинетику и механизм его осаждения.

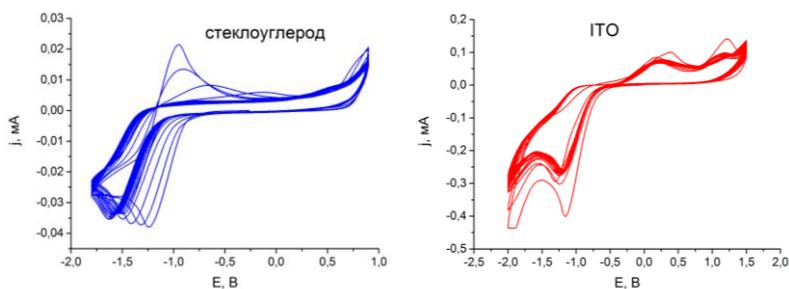


Рис. 1. ЦВА процесса осаждения полимерных пленок

Библиографический список

1. Кузьмин С.М., Чуловская С.А., Парфенюк В.И. Электрохимия, 2020, 56, .347-355.

К.А. Лётин студ.; рук. М.А. Солунин, к. ф.-м. н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ В НЕОДНОРОДНОМ СТАЦИОНАРНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Если частица с зарядом q и массой m движется в неоднородном стационарном электрическом поле $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ и внешнем неоднородном переменном электрическом поле $\mathbf{f}(\mathbf{r})\sin\omega t$, то уравнения движения для нее с учетом силы трения будут иметь вид:

$$m\dot{\mathbf{r}} = q\mathbf{E}(\mathbf{r}) + q\mathbf{f}(\mathbf{r})\sin\omega t - m\mathbf{v}\dot{\mathbf{r}}. \quad (1)$$

Частоту ω внешнего поля всегда можно подобрать так, что за время $T=2\pi/\omega$ заряженная частица проходит расстояния, в пределах которых поля $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ и $\mathbf{f}(\mathbf{r})$ меняются незначительно. Тогда, раскладывая их в ряд, можно ограничиться первым приближением. В результате получается линейное уравнение, которое можно решать методом последовательных приближений. Общее решение этого уравнения представлено в [1].

Таким образом, если на стационарное поле $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ наложить внешнее переменное поле $\mathbf{f}(\mathbf{r})\sin\omega t$, то на заряженную частицу будет действовать дополнительная сила, вызывающая только поступательное движение частицы. Если положить, что $v=0$ (трение отсутствует) и $\mathbf{E}(\mathbf{r})=0$, то получится сила

$$\mathbf{F} = -\frac{q^2}{2m\omega^2} (\mathbf{f} \cdot \nabla) \mathbf{f}. \quad (2)$$

В литературе она называется силой Гапонова-Миллера [2]. Поскольку эта сила потенциальна, то она может быть использована для фокусировки пучков заряженных частиц (одномерные и двумерные потенциальные ямы) [3].

Библиографический список

1. Солунин С. А., Солунин А. М., Солунин М. А. //Письма в ЖТФ. 2009. Т. 35. Вып. 14. с. 48-53.
2. Болотовский Б. М., Серов А. В. //УФН. 1994. Т. 164. N 5. с. 545-549.
3. Гапонов А. В., Миллер М. А. //ЖЭТФ. 1958. Т. 34. N 2. с. 242-243.

*К.А. Лётин студ.; рук. М.А. Солунин, к. ф.-м. н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМАЧИВАЕМОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Существует много материалов: одни из которых гидрофобные, а другие - гидрофильные. Они широко используются в инженерно-технологической среде. Взаимодействие между поверхностными слоями двух или более соприкасающихся разнородных фаз называют адгезией. Часто возникает необходимость оперативно определить смачиваемость поверхности или её адгезионную способность: количественной характеристикой процесса смачивания служит краевой угол смачивания.

Краевой угол смачивания (θ) — угол, который образуется между касательной, проведённой к поверхности фазы жидкость-газ и твёрдой поверхностью с вершиной, располагающейся в точке контакта фаз. Существует несколько методов измерения краевого угла смачивания. Одним из наиболее распространённых является метод сидячей капли. Сущность метода заключается в том, что каплю воды наносят на ровную горизонтальную твёрдую поверхность, фотографируют и по профилю капли определяют краевой угол.

Нами реализована установка, состоящая из источника монохроматического излучения (лазера), штатива, экспериментального подвижного столика (рабочей поверхности), капли жидкости и экрана, позволяющая оперативно и достаточно точно определить краевой угол смачивания жидкости.

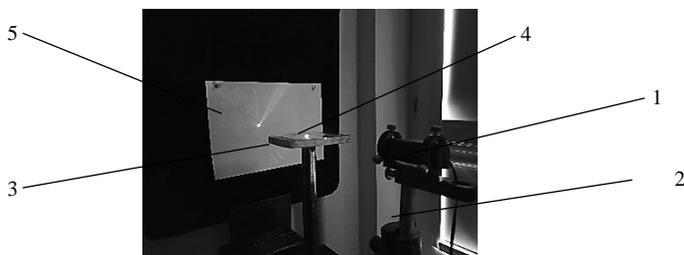


Рис.1 - Макет установки

1 - источник монохроматического излучения (лазер); 2 - штатив; 3 - экспериментальный подвижный столик (рабочая поверхность), 4 - капля жидкости, 5 - экран

Библиографический список

1. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. М.: Мир, 1979. 568 с.

Д.С. Ляпин, студ.; А.А. Соколов, студ.; рук. М.С. Фадеева, преп. (МК ИГЭУ, г.Иваново), Г.А. Шмелева, к.п.н., доц. (ИГЭУ, г.Иваново)

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ СТАЦИОНАРНОГО УРАВНЕНИЯ ШРЕДИНГЕРА ДЛЯ КВАНТОВОГО ГАРМОНИЧЕСКОГО ОСЦИЛЛЯТОРА

В физике модель гармонического осциллятора играет важную роль при исследовании малых колебаний систем около положения устойчивого равновесия. Примером таких колебаний в квантовой механике являются колебания атомов в твердых телах, молекулах и т.д.

Поведение квантовых систем не доступно для прямого экспериментального наблюдения. Модель квантового гармонического осциллятора хорошо описывает колебания атомов и молекул.

В проделанной работе осуществлено компьютерное моделирование волновых функций одномерного квантового гармонического осциллятора, проведен численный расчет в пакете MATLAB методом конечных разностей. Алгоритм программы позволяет по общему виду волновых функций одномерного квантового осциллятора построить графики (для любых значений главного квантового числа): плотности вероятности для квантового и классического осциллятора; теоретического спектра энергии гармонического осциллятора и проверить эквидистантность уровней энергии, определенных численным методом. Сравнение численного решения с аналитическим приведено на рис.1.

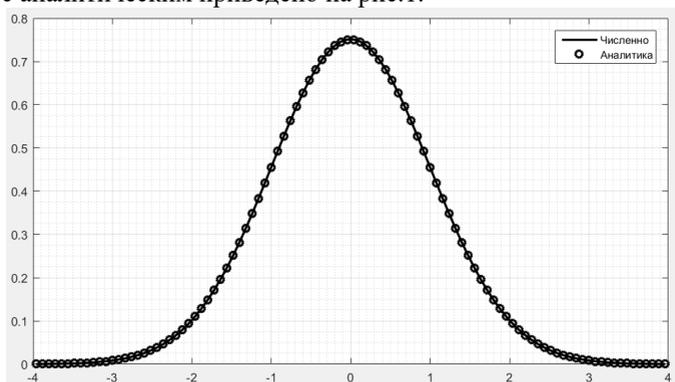


Рис.1. Сравнение волновой функции и ее численного расчета для основного состояния гармонического осциллятора как функции координат

Занятия в компьютерном практикуме с применением MATLAB становятся частью учебного процесса, повышая качество учебного процесса. Актуальны разработки новых методик.

*К.С. Моисеева, А.Ф. Сафин студ.; рук. В.Э. Зинуров, асс.
(КГЭУ, г. Казань)*

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕПАРАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА С СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ТРУБАМИ

В работе представлена конструкция сепарационного устройства, изображенного на рисунке 1, позволяющего улавливать мелкодисперсные частицы размером менее 20 мкм при умеренном гидравлическом сопротивлении [1-2]. В ходе численного моделирования установлено, что оптимальной скоростью газа на входе в устройство является 7,5 м/с. В докладе показаны поле скоростей и давлений в межтрубном пространстве.

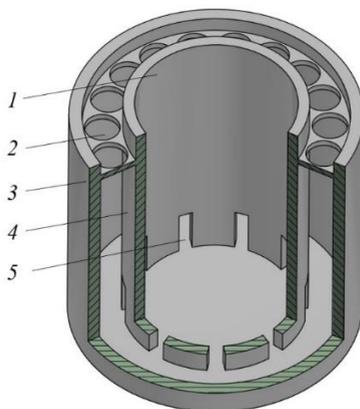


Рисунок 1 – Упрощенная трехмерная модель с разрезом сепаратора с соосно расположенными трубами: 1 – входное отверстие; 2 – выходные отверстия; 3 – внешняя цилиндрическая труба; 4 – внутренняя цилиндрическая труба; 5 – прямоугольные щели

Работа выполнена при финансовой поддержке Стипендии Президента РФ СП-3577.2022.1.

Библиографический список

1. Галимова А. Р., Зинуров В. Э., Дмитриев А. В., Харьков В. В. Сепарационное устройство с соосно расположенными трубами для разделения водонефтяных эмульсий // Вестник технологического университета. - 2021. – Т. 24. - № 3. – С. 50-54.
2. Зинуров В. Э., Дмитриев А. В., Бадретдинова Г. Р., Биккулов Р. Я., Мадышев И. Н. Оценка энергетических затрат при улавливании мелкодисперсных частиц в сепараторе с соосно расположенными трубами // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2021. – Т. 25. – № 2. – С. 196-206.

*А.М. Самойлов, студ.; А.А. Блохин, студ; А.А. Сатаев, асп.
рук. В.В. Андреев, д.т.н., проф
(НГТУ им. П.Е. Алексеева, г. Н. Новгород)*

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛАПЛАСА ДЛЯ РАСЧЁТА ХАРАКТЕРИСТИК КОНТУРОВ ЦИРКУЛЯ ЦИИ В КВАЗИСТАЦИОНАРНОМ ПРИБЛИЖЕНИИ

Для нахождения параметров теплогидравлических контуров обычно составляется система дифференциальных уравнений, которая связывает основные узлы экспериментального стенда. Зачастую такие системы уравнений трудно решить аналитически и возникает необходимость в использовании численных методов, что бывает трудоёмко и накладывает ошибку. В большинстве случаев для дифференциальных уравнений можно выполнить преобразование Лапласа - заменить имеющиеся функции, зависящие от параметра t функциями, зависящими от комплексной переменной s [1]:

$$F(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} \cdot f(t) \cdot dt$$

После преобразования всю систему можно представить как совокупность элементарных звеньев, для которых известны как переходные, так и амплитудно-частотные характеристики. Использование такой операции имеет два главных преимущества: во-первых, уравнение линеаризуется; во-вторых, расчёт сводится к определению так называемых «постоянных времени». Постоянными времени являются характеристики элементарных звеньев, к которым система сводится, и они имеют вполне конкретный физический смысл. Расчёт ведётся для сосредоточенных параметров – характеристики среды сводятся в точку, которая движется по тракту, меняя свои параметры.

Данный метод применим и к нестационарным задачам, однако в этом случае задача сводится к квазистационарной – полагается, что система стационарна на участках, где происходит интенсивный подвод или отвод тепла (нагреватель и холодильник). Для участков контура, где отвод тепла мал (потери в среду) достаточно ввести пропорциональное звено (множитель).

Библиографический список

1. Свешников А.Г., Тихонов А.Н. Теория функций комплексной переменной. - 4-е изд. - М.: Наука, 1967. - 304 с.

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

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ МОДЕЛИ НЕЛИНЕЙНОГО ТРАНСФОРМАТОРА В MATLAB SIMULINK

Надежность работы любого трансформатора определяется тепловым режимом. Наибольший интерес представляет исследование нагрева и распределения температур в обмотках, температурный режим которых определяет работоспособность машины.

Задача расчета теплового режима силового трансформатора является сложной из-за картины генерации, распространения и рассеяния тепла в окружающем пространстве. Упростить задачу определения теплового поля можно с помощью компьютерного моделирования с использованием современных средств вычислительной техники.

Для решения задачи теплопроводности использовался программный комплекс MATLAB. Тепловое поле в цилиндрической системе координат r - z описывается уравнением Пуассона

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda_r r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -p,$$

где λ_r, λ_z – удельные теплопроводности вдоль соответствующих осей координат; T – температура; p – удельная мощность тепловыделений.

Написанная программа (рис.1) реализует метод конечных разностей и позволяет получить распределение температуры в сечении обмотки трансформатора, представленной в виде неоднородного цилиндра, состоящего из проводников, разделенных изоляцией при задании граничных условий первого, второго и третьего рода. Конечно-разностная сетка строится автоматически по заданным размерам.

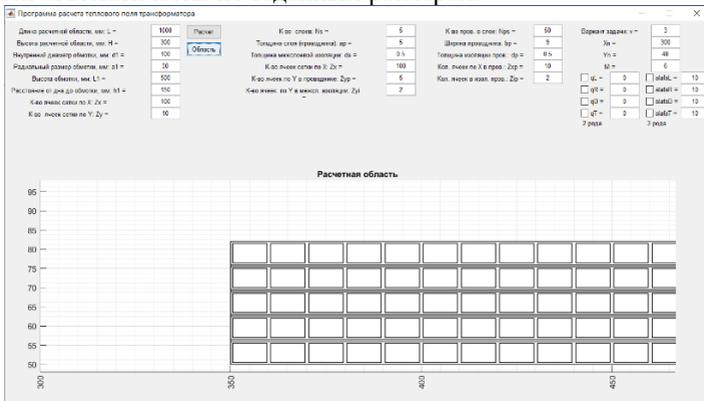


Рис. 1. Модель построения расчетной области

Содержание

Секция 9. Атомные электрические станции	3
Нестеров П.М. Применение математического 3D моделирования для повышения эффективности блока клапанов низкого давления паровых турбин АЭС; рук. Митрохова О.М.	4
Абросимов Д.В., Попов М.Е., Наврузов А. Численное исследование влияния высоты профиля и числа витков спиралевидного ребра на эффективность теплообменника типа «труба в трубе»; рук. Горбунов В.А.	5
Бакин А.И., Агеев Д.А. Определение коэффициентов местных сопротивлений в трубопроводах большого диаметра и применение полученных зависимостей в программе автоматизированного гидравлического расчета сетей; рук. Работаев В.Г.	6
Бочарова О.С., Мигалова А.Д., Соловьев А.А. Применение профилированных трубок в конденсаторе турбоустановки К-1200-6,8/50; рук. Токов А.Ю.	7
Гамагин М.В. Совершенствование методов контроля теплообменных труб парогенераторов АЭС; рук. Степанов В.Ф.	8
Егорова И.С. Перспективы производства водорода посредством ядерной энергетики; рук. Вольман М.А.	9
Ефремов И.О. Цикличность ядерного топлива на АЭС; рук. Иванова Н.Г.	10
Зубаков А.А.. Пассивная система аварийного расхолаживания ВВЭР-ТОИ; рук. Ильченко А.Г..	11
Зубаков А.А., Куприянов Е.Д.. Особенности проекта энергоблока с ВВЭР-ТОИ; рук. Ильченко А.Г..	12
Каретников А.О., Клюев С.С. Модернизация системы подогрева воды в кольцевом баке реактора первой очереди Кольской АЭС; рук. Андрианов С.Г.	13
Кириченко П.В., Абросимов Д.В., Лошкарёв Ф.М. Повышение эффективности работы системы регенеративного подогрева АЭС; рук. Горбунов В.А.	14
Крюков В.Е., Ушаков М.А.. Перспективы организации теплоснабжения потребителей от АЭС; рук. Ильченко А.Г.	15
Кудряшов А.А. Новые виды топлива для ядерных реакторов; рук. Ильченко А.Г.	16
Кудряшов А.А. Толерантное топливо – что это такое; рук. Ильченко А.Г.	17
Кудряшов А.А., Шагушин В.С. Перспективы применения цинка при подготовке реактора к выводу из эксплуатации; рук. Работаев В.Г.	18
Куприянов Е.Д. Экономические особенности использования ядерного топлива; рук. Голубева Л.В.	19
Леденцов М.Р. Модернизация системы аварийного питания парогенераторов энергоблоков с ВВЭР-440; рук. Ильченко А.Г..	20
Мазуров Д.А. Ядерное топливо; рук. Иванова Н.Г.	21
Максимов Е.К. Исследование технологической системы паропроводов свежего пара ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Булавкин Г.В.	22
Максимов Е.К. Исследование технологической системы деаэрационной установки ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Булавкин Г.В.	23
Максимов Е.К. Исследование технологической системы паропроводов собственных нужд ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Булавкин Г.В.	24
Мечтаева М.Н. Повышение эффективности работы вакуумной системы турбин АЭС; рук. Горбунов В.А.	25
Мигалова А.Д., Соловьев А.А. Целесообразность применения систем тепловой аккумуляции на АЭС; рук. Токов А.Ю.	26
Минеев П.А. Анализ эффективности подходов к повышению производительности паровых турбин АЭС; рук. Горбунов В.А.	27
Наврузов А. Корпоративная культура компании ПАО «ГАЗПРОМ»; рук.	

Голубева Л.В.	28
Невердинов И.С. Модернизация тепловой схемы турбоустановки К-500-60/1500 5-го блока Нововоронежской АЭС; рук. Ильченко А.Г.	29
Носков И.А. Анализ конкурентов АЭС; рук. Голубева Л.В.	30
Орлов Д.Н. Использование среды SimInTech в построении модели оборудования АЭС; рук. Вольман М.А.	31
Полусаев П.И. Исследование технологической системы основного конденсата ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Степанов В.Ф.	32
Полусаев П.И. Исследование технологической системы регенерации высокого давления ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Степанов В.Ф.	33
Полусаев П.И. Исследование технологической системы регенерации низкого давления ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Степанов В.Ф.	34
Попов М.Е. Моделирование процессов маневрирования РУ с помощью программы «Имитатор реактора»; рук. Ильченко А.Г.	35
Попов М.Е. Перспективы использования тория на АЭС; рук. Ильченко А.Г.	36
Рытиков И.А. Улучшения гидравлических характеристик работы турбопитательного насоса АЭС; рук. Горбунов В.А.	37
Скворцов А.Д. Исследование технологической системы дренажей машзала и БНС ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Булавкин Г.В.	38
Скворцов А.Д. Исследование технологической системы дренажного бака ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Булавкин Г.В.	39
Скворцов А.Д. Исследование технологической системы теплофикационной установки ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Булавкин Г.В.	40
Теплякова С.С. Анализ путей повышения эффективности систем регенеративного подогрева воды; рук. Горбунов В.А.	41
Теплякова С.С., Перевезенцев Г.А. Анализ влияния радиационного теплообмена на теплофизические свойства пористых тел; рук. Горбунов В.А.	42
Торопов Т.Д., Харитонов Б.М. Математическое моделирование ПГВ-1000 и режимов его работы в среде SimInTech; рук. Беляков А.А.	43
Трофимов Д.А. Исследование вакуумной системы ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Степанов В.Ф.	44
Трофимов Д.А. Исследование системы сепарации и промперегрева ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Степанов В.Ф.	45
Трофимов Д.А. Исследование технологической системы циркулоснабжения ПТУ К-1000-60/3000 для разработки тестовой программы; рук. Степанов В.Ф.	46
Федорцов Р.А. Анализ экономических аспектов развития атомных станций малой мощности в России; рук. Голубева Л.В.	47
Харитонов Б.М., Железов И.С. Модернизация органов регулирования реактора ПИК; рук. Беляков А.А.	48
Секция 10. Теплообмен в промышленных установках	49
Кропотова С.С., Ткаченко П.П., Шлегель Н.Е. Характеристики соударения капель с твердыми частицами; рук. Стрижак П.А.	50
Кропотова С.С., Ткаченко П.П., Шлегель Н.Е. Столкновение капель воды с твердыми металлическими частицами; рук. Стрижак П.А.	51
Осипов Р.С., Санников И.В. Термическая ректификация посредством отвода тепла; рук. Мадышев И.Н.	52
Ахмерова А.З., Мухаметжанова Е.С., Идиятулин В.А. Моделирование процесса теплообмена в топочной камере котла; рук. Хажидинова А.Р.	53

Нургалиев Д.Н., Шалаганова А.Н., Сатыбалдинова А.Е. Неисправный конденсатор в холодильнике; рук. Ермоленко М.В.	54
Чумак О.Д., Умаров К.А. Исследование теплопроводности керамики с добавкой углеродного остатка пиролиза ТКО; рук. Долинин Д.А.	55
Таламаев Д.С., Ананьев В.И. Исследование интенсивности сушки глинозольных керамических изделий; рук. Гусев Е.В.	56
Таламаев Д.С., Перевезенцев М.А. Исследование энергетической эффективности тонкодисперсного глинозольного материала; рук. Гусев Е.В.	57
Безруков А.М., Попов Д.Н. Исследование фильтрации газа в слое отходов; рук. Габитов Р.Н.	58
Сахибгареев Н.Ф., Полтев И.Е. Численное моделирование упрощенной камеры сгорания с двумя секциями; рук. Зинуров В.Э.	59
Казаков К.С. ОБ Эффективности использования утилизационных тепловых теплоэлектроцентралей; рук. Нагорная О.Ю.	60
Белов М.С., Бородин А.Н., Тимонин Н.С. Устройство для термической обработки влажных дисперсных материалов; рук. Сокольский А.И.	61
Чижилова М.М., Апарина А.В. Оценка экономической эффективности проекта создания производства по переработке твердых коммунальных отходов; рук. Колибаба О.Б.	62
Тимонин Н.С., Бородин А.Н., Белов М.С. Проектирование тепловой защиты зданий в программном комплексе Ansys; рук. Долинин Д.А.	63
Чибисова А.В., Система автономного энергообеспечения студ.; рук. Горинов О.И.	64
Секция 11. Безопасность жизнедеятельности в техносфере	65
Бобарыкин А.А. Разработка положения о системе управления охраной труда в образовательном учреждении; рук. Чернов К.В.	66
Вайгачёва О.О. Анализ существующих методов измерения концентрации вредных веществ у сварщика; рук. Горбунов А.Г.	67
Вихрова М.А. Оценка профессионального риска сварщика ИГЭУ; рук. Горбунов А.Г.	68
Грызунова Е.Н. Определение профессионального риска на рабочих местах отдела главного механика ИГЭУ; рук. Горбунов А.Г.	69
Грызунова Е.Н. О влиянии температуры воздуха на процесс разбавления сточных вод в зимний период года; рук. Соколов А.К.	70
Гуляева Ю.С. Анализ организации системы управления охраной труда в филиале ПАО МРСК Центра и Приволжья – «ИвЭнерго» и направлений ее совершенствования; рук. Пышненко Е.А.	71
Гуляева Ю.С. Об определении нормативно допустимого сброса с учетом ограничения на превышение фоновой концентрации вещества в водоеме; рук. Соколов А.К.	72
Молькова А.Д. Анализ систем, автоматизирующих функции специалиста по охране труда; рук. Рогожников Ю.Ю.	73
Мочалова А.Н. Применение системы видео-конференц-связи при проведении учебных занятий; рук. Рогожников Ю.Ю.	74
Репина А.Н.. К оценке особенностей освещенности в жилых помещениях; рук. Овсянников Ю.М..	75
Рысина А.Д.. Анализ влияния строительных объектов на звуковую обстановку жилой зоны; рук. Овсянников Ю.М.	76
Рысина А.Д. О формализации ограничения на учет эффекта суммации газов при оценке допустимости воздействия выбросов; рук. Соколов А.К.	77
Фролова А.А. Анализ мер безопасности при ремонте воздушных линий электропередачи в Филиале ПАО МРСК Центра и Приволжья – «ИвЭнерго», г Иваново; рук. Пышненко Е.А.	78

Вьюшина Л.С. Техногенная безопасность и охрана труда в цехе по производству металлоконструкций; рук. Чернов К.В.	79
Дудина К. Оценка последствий землетрясений; рук. Рогожников Ю.Ю.	80
Кирдяшкина А.Е. Применение питчинга для мотивации соблюдения работниками требований безопасности; рук. Пышненко Е.А.	81
Косякова В.А. Техногенная безопасность и охрана труда в цехе по производству осей, пальцев, втулок; рук. Чернов К.В.	82
Красавина М.А. Концепция «Безопасность II» как инструмент для развития культуры безопасности на предприятии; рук. Пышненко Е.А.	83
Комарова Н.В. Расчёт балльности землетрясения и определение его последствий; рук. Рогожников Ю.Ю.	84
Комарова Н.В. Анализ существующих методик оценки индивидуального профессионального риска; рук. Горбунов А.Г.	85
Красавина М.А. Оценка расходов при ликвидации чрезвычайной ситуации; рук. Рогожников Ю.Ю.	86
Оганесова С. Исследование методики оценки последствий паводка; рук. Рогожников Ю.Ю.	87
Фефилов А.Д. Количественное определение нитратов во внесезонных овощах; рук. Пышненко Е.А.	88
Пономарев К.О., Свириденко А.С. О тушении лесного горячего материала раствором антипирена; рук. Жданова А.О.	89
Секция 12. Моделирование физических процессов	90
Блохин А.А., Самойлов А.М., Сатаев А.А. Цифровой двойник контура естественной циркуляции в программной среде SimInTech; рук. Андреев В.В.	91
Брызгунов П.А., Буканев А. Верификация численного моделирования течений в типовых элементах энергетического оборудования; рук. Осипов С.К.	92
Викол Л.К. Композиты металлокомплексов порфина для электрокаталитического восстановления кислорода; рук. Кузьмин С.М.	93
Гаврилов С.А., Крюков Д.А. Расчёт пространственной и временной когерентности в лабораторном практикуме по оптике; рук. Шмелёва Г.А.	94
Голдовский В.С. Оценка предельных масс звезд разных типов; рук. Перов Н.И.	95
Елисеев В.В. Изучение сил трения; рук. Демьянцева Н.Г.	96
Кашина В.В. Электрохимическое осаждение полимерных пленок на электродах с разным типом проводимости; рук. Кузьмин С.М.	97
Лётин К.А. Особенности движения заряженной частицы в неоднородном стационарном электрическом поле; рук. Солунин М.А.	98
Лётин К.А. Установка для определения смачиваемости поверхностей; рук. Солунин М.А.	99
Ляпин Д.С., Соколов А.А. Численное решение стационарного уравнения Шредингера для квантового гармонического осциллятора; рук. Фадеева М.С., Шмелева Г.А.	100
Моисеева К.С., Сафин А.Ф. Численное моделирование сепарационного устройства с соосно расположенными трубами; рук. Зинуров В.Э.	101
Самойлов А.М., Сатаев А.А., Блохин А.А. Применение преобразования Лапласа для расчёта характеристик контуров циркуляции в квазистационарном приближении; рук. Андреев В.В.	102
Фадеева М.С. Тепловой режим модели нелинейного трансформатора в MATLAB SIMULINK; рук. Тихонов А.И.	103
Содержание	104

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ

Семнадцатая всероссийская (девятая международная)
научно-техническая
конференция студентов, аспирантов и молодых учёных
«ЭНЕРГИЯ-2022»

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Печатается в авторской редакции

Составитель – Вольман М.А.

Подписано в печать _____.____.2022. 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.